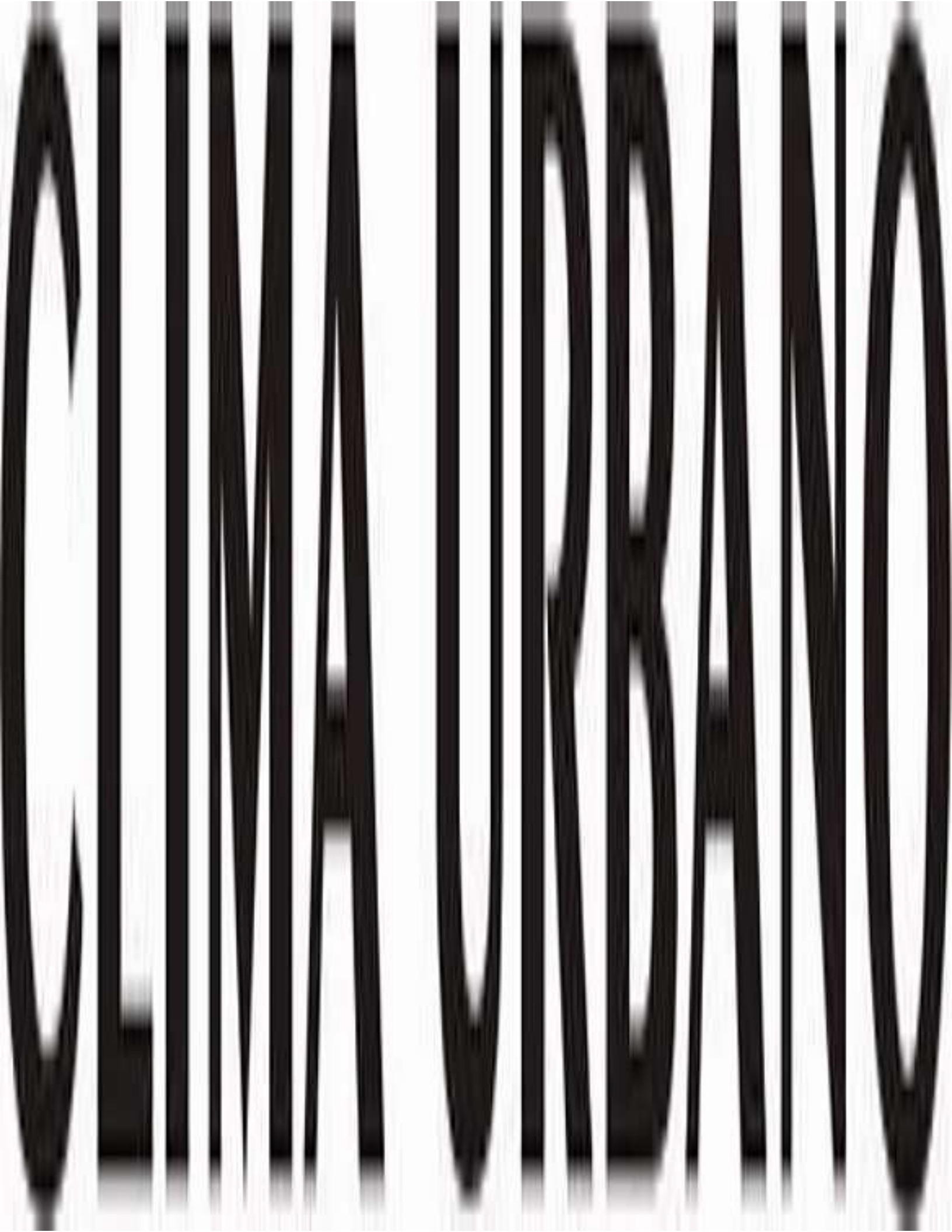


**Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro
Francisco Mendonça**

CLIMA URBANO







**Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro
Francisco Mendonça**

**Inês Moresco Danni-Oliveira
Ana Maria de Paiva Macedo Brandão
Neyde Maria Santos Gonçalves**

CLIMA URBANO



editoracontexto

Todos os direitos desta edição reservados à
Editora Contexto (Editora Pinsky Ltda.)

Projeto gráfico
Denis Fracalossi

Diagramação
Denis Fracalossi/Texto & Arte Serviços Editoriais

Revisão
Maitê Carvalho Casacchi/Texto & Arte Serviços Editoriais

Capa
Antonio Kehl

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Clima urbano / Francisco Mendonça, Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, (organizadores); Inês Moresco Danni-Oliveira, Ana Maria de Paiva Macedo Brandão, Neyde Maria Santos Gonçalves, (colaboradores). – 2. ed. – São Paulo: Contexto, 2013.

Bibliografia.
ISBN 978-85-7244-239-8

I. Climatologia urbana – Brasil. I. Mendonça, Francisco. II. Monteiro, Carlos Augusto de Figueiredo. III. Danni-Oliveira, Inês Moresco. IV. Brandão, Ana Maria de Paiva Macedo. V. Gonçalves, Neyde Maria dos Santos.

03-5072

CDD-551.651732

Índice para catálogo sistemático:
1. Clima urbano : Tratamento geográfico : Ciências da terra 551.651732

EDITORA CONTEXTO
Diretor editorial: *Jaime Pinsky*

Rua Dr. José Elias, 520 – Alto da Lapa
05083-030 – São Paulo – SP
PABX: (11) 3832 5838
contexto@editoracontexto.com.br
www.editoracontexto.com.br

2011

Proibida a reprodução total ou parcial.
Os infratores serão processados na forma da lei.

SUMÁRIO

Apresentação _____ 7

Francisco Mendonça

Teoria e Clima Urbano _____ 9

Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro

Impactos pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador _____ 69

Neyde Maria Santos Gonçalves

Clima e planejamento urbano em Londrina _____ 93

Francisco Mendonça

O clima urbano na cidade do Rio de Janeiro _____ 121

Ana Maria de Paiva Macedo Brandão

A cidade de Curitiba e a poluição do ar _____ 155

Inês Moresco Danni-Oliveira

O estudo do clima urbano no Brasil _____ 175

Francisco Mendonça

O título inicialmente proposto para esta obra por Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro foi *Climatologia urbana – uma contribuição brasileira*, nomenclatura que expressa tanto o cuidado exagerado que tem para com o emprego das palavras quanto uma considerável humildade na autoleitura de sua contribuição científica ao entendimento da cidade e de sua atmosfera derivada. Mas, não sei se por sorte ou azar dele, a responsabilidade pela montagem desta obra recaiu sobre mim, que ao mesmo tempo em que desvelo enorme respeito e admiração por sua sabedoria, dividindo com ele uma gratificante cumplicidade intelectual – acabo mudando algumas decisões tomadas em comum acordo. Estou certo de seu perdão, no entanto, quando o resultado final não macula o intento elaborado em um outro momento de criação. Ademais ele conhece bem meu espírito inquieto e questionador, tanto quanto estava ciente dos riscos deste trabalho conjunto.

A história deste livro remonta há mais de vinte anos, quando o então professor (é assim que ele gosta de ser referenciado) Monteiro elaborava, por ocasião de suas aulas e pesquisas junto à Universidade de São Paulo, sua proposta teórico-metodológica para o estudo do ambiente atmosférico urbano, tema de sua tese de livre docência defendida junto àquela universidade, em 1975. Após aquele ano, a proposta teórico-metodológica por ele criada, intitulada S.C.U. – Sistema Clima Urbano – foi timidamente difundida através de uma publicação (*Série Teses e Monografias*, número 25) do então IG (Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo), porém foi amplamente aplicada em estudos, tanto no campo específico da climatologia geográfica quanto na arquitetura.

Observou-se então que, nas duas últimas décadas, aquela publicação única de 1976 transformara-se em matriz para o desenvolvimento de inumeráveis cópias utilizadas em várias partes do país e mesmo no exterior, comprovando que uma boa proposta teórica, a despeito das dificuldades de publicação comercial, ganha legitimidade pela importância que encerra. Sua aplicação

em variados estudos de caso permitiu tanto a verificação de suas potencialidades, possibilidades e rigor científico quanto eclodiu na sua consolidação, levando alguns pesquisadores a atribuir a Monteiro a criação de uma escola brasileira de climatologia (Dr. João Afonso Zavattini/Unesp) e de uma escola brasileira de climatologia urbana (Dr. Francisco Mendonça/UFPR).

Este livro permite ao leitor o conhecimento da referida proposta teórico-metodológica, apontando suas características peculiares, bem como seus desdobramentos a partir do emprego da mesma em estudos de casos de cinco cidades do Brasil. A escolha de cada uma delas aparece nas justificativas de cada um dos autores. São exemplos elucidativos da aplicação teórico-metodológica que está no centro das atenções deste livro. Trata-se de uma cidade de porte médio (Londrina) e de outras três grandes cidades, capitais de estados (Salvador, Curitiba e Rio de Janeiro).

Assim, depois de uma considerável argumentação com o professor Monteiro, recebi dele a anuência e a confiança para organizar este livro, e tornar possível a um público maior a riqueza de uma teoria e de uma metodologia genuinamente brasileira para o estudo do clima urbano. A originalidade da proposta, ao lado de inúmeros outros detalhes, torna-se evidente ao colocar a tropicalidade como condição fundamental para repensar os problemas da cidade brasileira na perspectiva do planejamento urbano. Neste particular, revela-se de suma importância para aqueles que, ao colocarem no centro de suas preocupações técnico-científicas os tão graves problemas ambientais que caracterizam o ambiente urbano dos países em estágio de desenvolvimento, buscam construir melhores condições de vida na cidade.

Como parte final elaborou-se uma análise acerca do estudo do clima urbano no Brasil que, em sua considerável maioria, emprega a proposta metodológica do S.C.U. em totalidade, ou em parte da mesma. Ali também encontra-se desenvolvida uma breve análise das técnicas empregadas nestes estudos e alguns desafios que se apresentam aos profissionais envolvidos com a climatologia, geógrafos, arquitetos, enfim, aos urbanistas do presente face às condições ambientais que se constroem para o futuro das cidades.

Expresso, neste preâmbulo, minha imensa gratidão ao professor Monteiro e às colegas Inês, Neyde e Ana Maria, queridos amigos que a ciência geográfica me permitiu cruzar os caminhos, pela calorosa acolhida à ideia deste livro. Sinto-me muitíssimo honrado em poder contar com a amizade e confiança de vocês, e muito contente em disponibilizar esta obra aos interessados no conhecimento do clima da cidade e na busca de soluções para os problemas urbanos da atualidade.

TEORIA E CLIMA URBANO

Um projeto e seus caminhos

Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro

Em 1975 lançava eu uma proposta teórica para conduzir programas de pesquisas sobre os climas das cidades brasileiras. Aquilo que fora apresentado como tese para titulação acadêmica na Universidade de São Paulo (USP), no Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH), era resultado de reflexões já auferidas na implantação da disciplina “Climatologia Urbana”, instituída no currículo da pós-graduação em Geografia Física, como muito auspiciosa para meus propósitos de orientação em climatologia.

Não devemos esquecer também de que a virada dos sessenta aos setenta apresentava-se como um agudo processo de mudanças as mais variadas, que vinham se acumulando, crescentemente, ao longo de todo o século XX. Não será difícil batizar o segmento temporal entre 1968 e 1973 como uma culminância daquele processo, um possível *turning point*. A chegada do homem à Lua (1969) pode simbolizar os enormes avanços tecnológicos, bem como o Simpósio da Unesco em Paris (1968), seguido pela Conferência de Estocolmo (1972), serve para marcar a abertura da questão ambiental. A crise do petróleo (1973) vem reforçá-la. As rebeliões de juventude (1968) em Praga (janeiro) e Paris (abril), assinalando os descontentamentos nos campos da liberdade política e da organização universitária (liberdade educacional), vêm demonstrar o acoplamento do progresso tecnológico com as convulsões sociais. Na geografia, o advento das ditas revoluções “teorético-quantitativas” – notadamente as análises de agrupamento e factorial – estavam sendo amplamente utilizadas, sobretudo nos estudos da Fundação IBGE. Enquanto a cidade brasileira, pela visão tecnocrata oficial, bafejada pela ideologia do desenvolvimentismo, era conduzida pelo viés econômico, a visão antagônica e oponente da geografia

dita de “crítica radical”, norteada pela dialética marxista, enfatizava os agudos problemas de desigualdade social pelo acúmulo populacional implosivo, oriundo do campo.

O que deve ser ressaltado é que, desse jogo campo-cidade, resultou um exacerbado processo de urbanização que, na visão oficial, geraria regiões metropolitanas, em torno de uma dezena, onde o improvisado (ilegal) superava, de muito, o planejado (legal). Em termos genéricos, o caos superava a ordem. Assim, não é de admirar-se a importância que os estudos do fato urbano passaram a ter no Brasil. Contudo, entre os vetores do econômico e do social, os aspectos “ambientais” foram negligenciados ou mesmo esquecidos. Na área de Geografia Física notavam-se esforços e tentativas de focalizar problemas geomorfológicos nos sítios urbanos, onde a intensidade da ocupação desordenada produzia impactos e aceleração nos processos erosivos. Mas eram abordagens que não despertavam interesse por parte daqueles outros geógrafos do humano.

Dentro deste quadro – aqui esboçado em linhas muito gerais – é que, no início dos anos setenta, resolvi direcionar os meus estudos de climatologia para a geografia das cidades. Estudar o “clima urbano” para mim foi preocupação *geográfica* de alguém que está consciente de que o universo urbano está amplamente aberto ao que há de mais interdisciplinar. Em verdade, obedecendo ao caráter antropocêntrico da Geografia, a cidade é, cada vez mais, a morada do Homem. Sob esta visão é que fui emprestar de Shakespeare, em sua peça *Coriolanus*, a epígrafe para um capítulo de minha tese: *What is the city but the people?* Concentração de população, estruturada socialmente, produzindo economicamente e, pelas suas funções e múltiplos serviços, núcleo de polarização e organização do espaço, e tudo o mais que daí decorre, a cidade é, também, o lugar de mais efetiva interação entre o Homem e a Natureza. A partir da organização primitiva da segunda, o primeiro promove, de maneira concentrada, uma série infindável de derivações que se aglutinam na massa de edificações urbanas: sua arquitetura, numa estruturação morfológica e dinâmica funcional, com seu sistema viário de circulação interna e de relacionamento regional, ao cabo do que as primitivas condições geoecológicas do sítio vão sendo derivadas por acréscimos. Aterros, represamentos e reservatórios-d’água; eliminação de acidentes topográficos indesejáveis; substituições ou alterações, como aquelas produzidas na vegetação original extensivamente ou em manchas, em parques ou jardins etc. Tudo isso, aliado à própria dinâmica da população aí concentrada, circulando e desempenhando variadas atividades e serviços, faz com que as cidades sejam – por excelência – os lugares onde as resultantes ambientais configuram-se como obra conjunta de uma natureza retrabalhada e afeiçoada aos propósitos do viver humano.

Defendida em 1975 e editada em 1976, a minha tese, intitulada *Teoria e clima urbano*, procurava focalizar o clima da cidade sob uma perspectiva conjuntiva, integradora. Tratava-se de uma preocupação “pessoal” sem qualquer pretensão de alcançar a teoria, mas, tão somente, *uma* teoria ou um referencial teórico em apoio a um almejado programa de pesquisa para desenvolver com meus alunos de pós-graduação em Geografia na USP.

Na obra procuro abordar a evolução dos estudos *ambientais* em Geografia e promover um retrospecto sobre os estudos geográficos das cidades e sobre as indagações quanto aos climas gerados por elas.

O Capítulo III constitui-se na parte central da tese, concentrando toda a argumentação de apoio ao almejado suporte teórico. As considerações finais, contidas no Capítulo IV, consistem na revelação do esboço inicial do projeto de pesquisa traçado para o Laboratório de Climatologia, a ser conduzido pelas investigações dos pós-graduandos sob minha orientação. Nesta coletânea a ênfase será dada à proposta teórica que, se não transcreve, sumaria a essência do que ali foi tratado. O crescente interesse na temática tem multiplicado os estudos de climatologia urbana, do que nos dão conta os balanços produzidos pela World Meteorological Organization (WMO) nos relatórios técnicos de seus simpósios especiais. Assim sendo, vou ater-me aos aspectos introdutórios essenciais que possam justificar a perspectiva pessoal em que me coloquei, diferentemente da tendência geral emanada dos estudos produzidos nos centros hegemônicos do saber.

Como apoio básico e ponto de partida evocarei aqui aquela memorável coletânea promovida pela Wennen-Gren Foundation for Anthropological Research e patrocinada pela National Science Foundation, intitulada *Man's role in changing the face of Earth* (Thomas Editor – 1956). Ali, naquela coletânea – que assinala o princípio de preocupação com o destino do planeta – entre outros estudos do mais alto nível, encontra-se o de H. E. Landsberg: *The Climate of towns*. Essa contribuição de Landsberg representa um marco histórico nos estudos climatológicos, já que é a primeira síntese elaborada sobre os estudos dos climas urbanos – que ele, prudentemente, designa como *towns* para não comprometer-se com a categoria dimensional nem com o teor de população nelas concentradas. Essa síntese preocupa-se em apontar os atributos fundamentais que particularizam os estados atmosféricos que, em contraste com os espaços circundantes, se observam graças à interferência *urbana*. Do meu ponto de vista de geógrafo encontram-se ali dois aspectos de relevante importância para diferenciar os propósitos meteorológicos e geográficos. Em primeiro lugar a concepção de *clima* prende-se àquela dos *estados médios dos elementos atmosféricos sobre o dado lugar* que, no caso, prende-se a existência de

uma cidade. Desde o início dos anos sessenta que eu (Monteiro, 1963), apoiado na crítica de M. Sorre (1934, 1951) e no tratamento de P. Pedelaborde (1958, 1959), vinha esforçando-me para adotar uma concepção dinâmica conduzida pelo paradigma do *ritmo de sucessão habitual* dos estados atmosféricos sobre os lugares. Em segundo, além deste inconveniente conceitual, havia aquele de que a cidade era vista como produtora de uma *anomalia* na atmosfera sobre ela. Na premissa básica da mensuração meteorológica em registrar o *ar livre*, assegurada por meio das normas técnicas estabelecidas para o funcionamento dos postos meteorológicos *padrão*, as medidas na cidade devem revelar a série de alterações ou mudanças que contrastam com o campo circundante. Landsberg, em sua síntese, deixa bem claro que a tarefa do meteorologista na análise do clima da cidade é aquela de:

... “to filter out and discuss the extent of climate change which has been caused by settlement per se” (op. cit., p. 854).

O clima da cidade, sob essa perspectiva meteorológica, seria algo que se alcança através da observação do *air over city*. Para o geógrafo, contudo, na sua visão da cidade como o lugar mais conspícuo da morada do homem, o objetivo será aquele de atingir o *air within the city*. Não deve pairar a menor dúvida sobre o fato de que o geógrafo tem que considerar as medidas padrão tidas como do *ar livre* proveniente dos postos meteorológicos contidos na cidade. Elas fornecirão os parâmetros de comparação básica com aquelas obtidas por meio da observação e mensurarão pelos artefatos que pretendem alcançar o *ar comprometido* dentro da realidade do ambiente urbano.

Há um trecho muito expressivo, no referido texto de Landsberg, para clarificar este ponto de vista meteorológico na observação da cidade, ligando o aspecto das medidas intraurbanas e aquelas do entorno, no espaço maior no qual se insere a cidade:

“At first sight, it might appear simple to get the differences between the climate of the towns and that of the undisturbed countryside. Yet, quite aside from the difficulty of topographic site peculiarities, already mentioned, it is not easy to obtain strictly comparable records from a city and from its surroundings. In fact quite a few of the earlier studies suffer from an inadequate evaluation of the data used a few of the results. When authors, with considerable indifference, compared data obtained from roof stations with others where the instruments were exposed on the ground, they likely the very information they searched for. Or, in other instances, comparison of earlier with later records are not entirely satisfactory unless care is to taken to eliminate regional climatic

fluctuations. This is, by no means, an easy task, yet it is indispensable if tenable results are to be obtained. Because observations made specifically for the purpose of comparison are scarce, the present study is not entirely free from these objection" (op. cit., p. 585).

O trecho assinala também, sob o rótulo de *regional climatic fluctuations*, o problema da circulação atmosférica regional, ou seja, a sucessão dos tipos de tempo que perpassam pela cidade, significando a importância dos fluxos de energia advectivos, mesclados àqueles convectivos. A meu ver estes são aspectos fundamentais que devem ser muito bem articulados na compreensão da dinâmica dos processos genéticos do clima, o que requer a montagem de um sistema capaz de articular convenientemente a complexidade processual.

A obra *The climate of London*, de Tony Chandler (1965), um decênio após a síntese de Landsberg, na esfera do meu conhecimento pessoal, foi a primeira monografia sobre o clima de uma metrópole. Se não foi a primeira, desde que precedida por estudos anteriores, em séculos precedentes, é, sem dúvida, aquela que, em meados do século XX, em meio à multiplicação de estudos de climas urbanos, e pela importância da metrópole britânica, assume maior destaque.

Contudo, malgrado sua importância, para minhas aspirações ela não se configuraria como um modelo a seguir. A abordagem climatológica de Chandler é, nitidamente, separativa. Cada elemento atmosférico é focalizado de *per se*. Ao incluir um capítulo sobre "Pressão, tipos de tempo, massas de ar e frentes", ele o coloca no mesmo nível dos elementos extensivos, a meu ver, sem a necessária orientação lógica entre causalidade atmosférica circulatória, transformações locais e as resultantes por efeito da urbanização. Aliás, ele deixa esclarecido, no prefácio, que seu estudo é climaticamente seletivo e que muito da literatura sobre o clima das Ilhas Britânicas, relevantes para o de Londres, não seria nele repetido, o que se aplicaria, particularmente, aos aspectos dinâmicos do clima.

As reflexões dos geógrafos britânicos David Harvey e Brian Berry – em grande evidência no Brasil, naqueles tempos – deram margem a proveitosas reflexões sobre as mudanças ocorrentes na Geografia e nos estudos das cidades. No primeiro autor, o *turning point* assinalado entre as obras *Explanation in Geography* (1968) e *Social justice and the city* (1973) foi-me bastante revelador da importância do jogo ideológico. O segundo foi-me muito útil, sobretudo nas suas concepções geográficas sobre o planejamento, notadamente em seu artigo "Deliberate change in spatial systems" (1972).

Quanto ao meu apelo à Filosofia da Ciência, na época, este talvez tenha sido mais canalizado para o viés positivista. Contudo, às normas rígidas de R. Canap (1956) eu preferi a maior flexibilidade em K. R. Popper (1953, 1963, 1972). Infelizmente, meu conhecimento de P. Feyerabend (1975) seria posterior à

elaboração da referida tese, já que sua obra *Against method* foi editada no mesmo ano em que a produzia.

O encaminhamento teórico e técnico de minha proposta deveu-se à Teoria Geral dos Sistemas, de L. von Bertalanffy (1950), seja por sua própria argumentação ligada à Biologia, seja pelos diversos analistas que a ele aderiram nos variados campos do conhecimento. Um precioso reforço proveria do escritor Arthur Koestler (1969), pelo seu ensaio "Beyond Atomism and Holism: the Concept of Holon", ajudado substancialmente pelo conjunto de comunicações do famoso Simpósio de Alpbach (Koestler & Smithies, editores, 1972).

A proposta do modelo teórico, ou seja, a parte fundamental da tese, como já foi dito, encontra-se no Capítulo III da referida tese, da qual procurarei apresentar uma versão abreviada a seguir.

UM QUADRO DE REFERÊNCIA TEÓRICA PARA ESTUDOS DO CLIMA URBANO (O CLIMA URBANO COMO UM SISTEMA DINÂMICO ADAPTATIVO)

A more complete understanding of natural processes and their interactions must await the development of an ecological model of the metropolis. Such a model would identify the regional inventory of material in atmosphere, hydrosphere, lithosphere and biosphere, identify inputs and outputs, and both describe and quantify the cycling and recycling of material in the system. Such a model would facilitate recognition of the vital processes and their interdependency which is denied today. Lacking such a model, we find it necessary to proceed with available knowledge.

McHarg – *The place of nature in the city of man.*

O ENCAMINHAMENTO DA PROPOSTA E OS FINS ALMEJADOS

O tratamento do clima urbano, como um dos componentes da qualidade ambiente, não poderá ser considerado insignificante para o mundo moderno. Com isso, há um envolvimento, se não metafísico, pelo menos ideológico no seu sentido mais puro. Ele se reveste de um anseio, uma expectativa em participar das cruzadas pró-ambiente, às quais se filiam muitos idealistas ou ecoativistas, como as vezes são designados aqueles que almejam melhor qualidade de vida para a sociedade moderna.

Do ponto de vista lógico, trata-se de uma tarefa bastante difícil, pois ousa tentar para o estudo do clima da cidade uma conduta de investigação que veja nela não um antagonismo entre o homem e a natureza, mas uma coparticipação.

De modo mais direto, poderia dizer que a preocupação teórica despertada pelo estudo do clima urbano, visando a encará-lo como um sistema singular, representaria uma tentativa, um esforço de colaborar em sua montagem, motivado pelo desafio lançado por McHarg (1970) através do trecho do seu discurso sobre o lugar da natureza na cidade do homem, que serve de epígrafe a este capítulo.

Popper explica que a geração de teorias não é um fato lógico. As grandes teorias são atos de criação, escapando àquele domínio. Os físicos geniais, como Einstein, comprovaram-no. Nada impede que as teorias consideradas válidas sejam transpostas para os diferentes domínios da investigação, o que é um fato cada vez mais usado, principalmente por aqueles corpos disciplinares não dotados de uma estrutura teórica abrangente.

A segunda metade do século XX acrescentou ao pensamento humano duas contribuições, próximas e paralelas, que viriam influenciar profundamente a tecnologia, a ciência e o pensamento de modo geral: a Teoria Geral dos Sistemas e a Cibernética.

Ambas as origens estiveram associadas às ciências biológicas (não obstante Wiener ter sido academicamente um matemático), o que explica a teoria sistêmica colocada sob a perspectiva organísmica, visando, sobretudo, a compreender funcionamento, desempenho, enfim, organização.

Isso foi uma reação contra as visões mecanicistas e vitalistas predominantes, anteriormente, na Biologia. Desde 1937 e 1948, datas dos seus lançamentos formais, seu desenvolvimento tem sido vertiginoso. Seus progressos têm sido tais que são encaradas como "teorias em franco desenvolvimento". São utilizadas nos mais diferentes campos da tecnologia, engenharia de máquinas, comunicação, administração. Como diz Bertalanffy no título do subcapítulo inicial de sua obra: "os sistemas estão em toda parte". Os sistemas cibernéticos são um tipo especial deles.

Numa tentativa de Geografia Física global, Bertrand (1968) propõe o conceito de geossistema e estabelece um paralelo entre essa unidade de análise geográfica e o ecossistema. A proposição do clima urbano como um sistema encara a teoria nos seus termos mais simples e despretensiosos. Apesar do grande impulso desenvolvido após seu lançamento, não intenciono, no momento, ir além das pretensões iniciais do seu formulador, em cujo espírito ela foi concebida como *hipótese de trabalho* (Bertalanffy, op. cit., p. 139), com a função, como modelo teórico, de explicação, previsão e controle de fenômenos.

Ainda ao agrupar seus fundamentos na obra editada em 1968, ele considerava que esse meio de investigação “ainda está caminhando às apalpadelas para encontrar o seu fundamento certo”.

Uma das grandes vantagens que a flexibilidade da abordagem dos sistemas traz para a análise científica é a possibilidade alternativa de usar tanto o método indutivo quanto o dedutivo. É o próprio Bertalanffy que esclarece isso (op. cit., p. 133), quando demonstra que a abordagem que utilizou foi empírico-intuitiva, enquanto Ashby (1968) demonstrou que a abordagem sistêmica pode ser submetida a um tratamento dedutivo. Por outro lado, para a perspectiva quantitativa, ela oferece amplas possibilidades de tratamento sofisticado, desenvolvido por computadores (estes, também, verdadeiros sistemas). Assim, minha opção neste momento é a utilização da Teoria dos Sistemas como um quadro de referência teórico para o estudo do clima urbano, uma preferência paradigmática, imaginando-a capaz de revelar a essência de um fenômeno de complexidade por demais saliente, e por isso mesmo demasiado importante, a ser conhecido.

Com toda a riqueza associada e dinâmica que caracteriza o fenômeno urbano em geral, a investigação do clima urbano em particular não implica uma transposição de axiomas e termos vinculados a um conjunto restrito de fatos climáticos, mas se estende necessariamente aos outros conjuntos comprometidos na natureza urbana.

Também é certo que procurei anexar aquisições recentes no curso do seu desenvolvimento, segundo as conveniências da expectativa do estudo. A proposta de Arthur Koestler (1969), com seu modelo Soho, foi uma concepção aqui utilizada com muito proveito.

Espero encontrar na abordagem sistêmica uma espécie de guia para um programa de pesquisa a ser feita no campo e no gabinete nos anos imediatamente próximos.

A técnica de exposição da proposta será feita aqui iniciando-se pela apresentação dos critérios básicos refletindo (o que é fundamental para a montagem de um sistema teórico) os objetivos para os quais está sendo proposto o sistema.

Segue-se a discriminação dos enunciados básicos; evito, propositadamente, qualquer pretensão de intitular-lhes *axiomas*, *postulados* ou mesmo *termos simples*, com os quais têm maior proximidade. De um lado, porque não procuro o formalismo sugerido por Carnap; de outro, porque me guia um propósito de evitar sofisticação. É evidente que eles não brotaram espontaneamente do meu espírito; refletem, antes, um esforço de *ordenação* de muitos fatos revelados pelo conhecimento empírico ou teórico acumulado até o momento pela investigação meteorológica e geográfica.

Os enunciados serão sempre acompanhados de comentários esclarecedores (evito atribuir-lhes o estatuto de regras), variando em extensão segundo as dificuldades devidas ao seu estabelecimento. Para isso segue-se a análise daquilo que considero as *questões básicas de consistência*, o que me permitirá desenvolver os problemas mais comuns e pertinentes a toda a montagem do sistema.

Finalmente, tentarei esclarecer melhor a constituição do sistema proposto pelo acompanhamento dos diagramas de blocos considerados necessários a visualizar a trama de relações sistêmicas. Desde 1972 que os venho esquematizando e modificando seguidamente.

Não diria que estou inteiramente satisfeito com os resultados obtidos e aqui apresentados. Conforme o aumento do acervo de informação, nova aprendizagem e revisões fatais que se me apresentarão daqui para o futuro, também essas expressões gráficas serão continuamente alteradas (para melhor, assim espero).

O SISTEMA CLIMA URBANO

Os critérios de escolha

A. Pragmatismo

Dentre os sistemas de valores, o pesquisador evita, aqui, o semântico e o sintático, optando pelo pragmático.

Segundo o tratamento formal de Carnap (1956) e Harvey (1969), no caso semântico, o pesquisador (*speaker*, locutor, o que fala) faz uso da língua, no seu significado.

No caso sintático, ignoram-se o locutor e a língua, concentrando-se o esforço nas formas de expressão.

No caso pragmático, a linguagem (investigação) se concentra no locutor (pesquisador) e dirige-se aos usuários da língua (outros pesquisadores e aqueles que queiram fazer uso dos resultados da investigação).

Adoto, assim, um princípio indeterminista na ciência, onde a transformação do conhecimento é resultado de nossa capacidade de resolver problemas. Estes são guiados, ideologicamente, por um individual sentimento do mundo. No caso do clima urbano, trata-se de uma questão de sobrevivência humana. Há certa volição de engajamento na cruzada pró-ambiente. Um idealismo ambientalista que pode ser rotulado de ecoativismo e até mesmo neoutopismo.

A Teoria Geral dos Sistemas (T.G.S.) admite amplamente a possibilidade de receber perguntas e emitir respostas.

B. Dinamismo

A própria conceituação de clima no sentido sorreano e o dinamismo intrínseco do fenômeno urbano exigem moldura teórica capaz de revelar esses dinamismos em graus diferentes, mas peculiares.

A T.G.S. oferece tal possibilidade de tratamento, seja pela indução ou dedução, seja pela abordagem tópica ou global.

C. Consistência

O clima urbano exige uma estrutura teórica capaz de atingir e enquadrar tanto os fatores mais amplos e complexos como os mais simples e restritos.

O contexto teórico procurado para expressá-lo requer tal elasticidade ou amplitude no tempo e no espaço. Assim, a moldura teórica deve ser capaz de orientar a investigação em qualquer cidade do globo – Londres, São Paulo, Tóquio ou Catmandu. Por isso mesmo, será extremamente importante uma abertura a todas as escalas de tratamento espacial-temporal e diferentes graus de complexidade urbana.

A consistência da análise deverá manter a conjunção entre o nomotético (assegurado pela ossatura, ou andaime teórico) e o idiográfico (expressão dos resultados de cada realidade urbana específica).

A T.G.S. é admitida como capaz de oferecer margem a essa consistência, pelos seus dotes de monismo, estruturação e funcionalidade.

D. Empirismo

Para o estudo do clima urbano, como qualquer problema ou fenômeno a ser investigado pela ciência, a moldura teórica escolhida deve ser suscetível e mesmo orientada à observação empírica. Exige-se inclusive esse atributo como meio de testes de verificação ou refutação.

A T.G.S pressupõe margem à observação empírica tanto por via indutiva quanto por via hipotético-dedutiva.

E. Modelismo

O clima urbano, para o desenvolvimento de sua pesquisa e aperfeiçoamento continuado, necessita tanto de mapeamento quanto de diagramação.

A T.G.S., fazendo tônica sobre a organização, pressupõe no seu contexto ideativo, abstrato, a norma de diagramação ou modelo (no sentido de expressão das ideias contidas na teoria), bem como de mapeamento ou expressões normais de estrutura e do conjunto-produto.

Os enunciados adiante apresentados pretendem ser apenas uma ideia reguladora. Ao acompanhá-los de comentários, pretendo menos emprestar-lhes um caráter de regras do que reforçar-lhes o conteúdo informativo.

É bem verdade que o aumento desse conteúdo implica menor possibilidade de virem a ser demonstrados falsos. Mas essa é uma atitude popperiana da qual resultam consequências importantes no relacionamento entre a ação normativa da teoria e a ação operativa da pesquisa, uma vez que as hipóteses formuladas na segunda submetem a primeira a testes de refutação.

1. O clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização.

É evitada a colocação do fato clima urbano em termos definidos. O enunciado deve servir mais como resposta à pergunta: “Como devemos denominar um sistema singular, que abrange um clima local (fato natural) e a cidade (fato social)?”.

Não há preocupação em precisar a partir de que grau de urbanização e de que características geocológicas locais se poderia usar o termo clima urbano. Isso pela mesma razão que não se exige a precisão de expressar quantos centímetros ou metros de areia são necessários para designar uma duna ou a velocidade a partir da qual se designa *vento* o ar em movimento.

Por esta razão, Landsberg, em sua síntese de 1956, utiliza a designação abrangente de *town*:

In the present discussion we shall extend the definition of the term “Town” to cover all large concentrated settlements from several hundred dwelling up to cities and metropolitan areas. It is quite difficult to decide, in an objective fashion, at what point of population and building density a notable influence upon climate begins. Any change in the natural ground cover destroys existing microclimates (Geiger, 1950). Every form, every house and every road causes a new microclimate. (Landsberg, op. cit., p. 584).

Por outro lado, a T.G.S. não exige nenhum rigor de ordem de grandeza para que se *construa* um sistema: sua montagem deve ser feita primordialmente em função dos objetivos.

Seria extremamente embaraçoso procurar precisão semântica ou dimensional para um sistema abrangendo dois conjuntos plenos de múltiplas variáveis. Imagine um insignificante núcleo urbano localizado em um vale

bastante profundo que encerrasse um núcleo petroquímico. Imagine, ainda, uma cidade nova, implantada segundo todas as estratégias possíveis para evitar a geração dos inconvenientes de um *clima urbano*. Acrescente-se a isso duas metrópoles parecidas em função, mas instaladas em sítios completamente diversos quanto a sua morfologia. Toda essa variada gama de alternativas demonstra a irrelevância das preocupações excessivas em defini-lo em termos rígidos.

Para efeito de simplificação, o sistema clima urbano passará a ser designado pela sigla S.C.U.

2. *O espaço urbanizado, que se identifica a partir do sítio, constitui o núcleo do sistema que mantém relações íntimas com o ambiente regional imediato em que se insere.*

Visa-se aqui a necessária articulação geográfica entre o local e o regional, bem como os conceitos da T.G.S. de *núcleo e ambiente*.

Por causa da abrangência do climático e do urbano, a noção de espaço necessariamente incluirá o espaço concreto e tridimensional (planos horizontal e vertical) onde age a atmosfera e os espaços relativos necessários à compreensão do fenômeno urbano.

Essa relação é também importante tanto geográfica quanto teoricamente (T.G.S.), pois que o sistema se projeta tanto em escala ascendente para um número infinito de integrações em sistemas superiores, quanto se fraciona, também infinitamente, em sistemas inferiores.

O clima local se insere em climas sub-regionais e sazonais, assim como pode ser subdividido até os microclimas. A cidade tanto se integra em níveis superiores como se divide em setores, bairros, ruas, casas, ambientes internos etc. As divisões do ponto de vista sistêmico são inconsequentes, importando predominantemente as relações entre as diferentes partes em que se compõe ou decompõe o sistema para o desenvolvimento das funções organizadoras.

3. *O S.C.U. importa energia através do seu ambiente, é sede de uma sucessão de eventos que articulam diferenças de estados, mudanças e transformações internas, a ponto de gerar produtos que se incorporam ao núcleo e/ou são exportados para o ambiente, configurando-se como um todo de organização complexa que se pode enquadrar na categoria dos sistemas abertos.*

Os sistemas fechados são aqueles em que o estado é inequivocamente determinado pelas condições iniciais. Todos os fatos da observação do clima da cidade implicam consideráveis transformações, das quais a *ilha de calor* e a *poluição do ar* são as mais eloquentes demonstrações. Assim, em termos simples da T.G.S., o S.C.U. pode ser considerado um sistema aberto.

Torna-se fundamental compreender que no arbítrio da montagem do S.C.U. não deverá haver margem a qualquer confusão com a cidade em si mesma, que, em toda a sua complexidade urbana, também poderá ser considerada como um sistema.

O S.C.U. visa compreender a organização climática peculiar da cidade e, como tal, é centrado essencialmente na atmosfera que, assim, é encarada como *operador*. Toda a ação ecológica natural e as associações aos fenômenos da urbanização constituem o conjunto complexo sobre o qual o operador age. Por isso, tudo o que não é atmosférico e que se concretiza no espaço urbano, incluindo o homem e demais seres vivos, constitui elementos do sistema, estruturando-se em partes que, através de suas reações, definem atributos especiais. Assim, esse conjunto complexo e estruturado constitui o *operando* do sistema. Pela sua natureza, é um tipo especial de operando, que não é estático ou passivo.

Contudo, não deve haver confusão quanto aos fenômenos sociais e econômicos (especialmente estes últimos) que, em relações invisíveis em espaços relativos, contribuem para aumentar o dinamismo e complexidade da cidade. Toda essa atividade se reflete e repercute *indiretamente* no sistema em foco através de sua expressão concreta (não poderia dizer física porque o uso do solo urbano reflete elementos de natureza diferentes).

Assim, por exemplo, aumentos de capitais e de população na cidade não podem ser considerados fluxos de energia no S.C.U., mas, inegavelmente, os elementos internos do núcleo serão aumentados pelo volume do aglomerado humano, pelo número de edificações e viaturas decorrentes, refletindo-se na estrutura do S.C.U.

Do mesmo modo, as relações sociais em si mesmas não têm significação concreta, mas os padrões de comportamento dos habitantes da cidade e as expressões socioeconômicas delas decorrentes, concretizadas na estrutura urbana, passam a ter significação nas diferentes “partes” em que se expressam.

Assim sendo, os insumos de energia que penetram no S.C.U. são aqueles encaminhados diretamente à atmosfera que envolve a cidade. Como elemento do sistema, o homem (comunidade social urbana) tem, direta e indiretamente, grande importância na estrutura interna do sistema, pelo seu desempenho na transformação da energia adquirida e pelas modificações na estrutura urbana, e, conseqüentemente, naquela que aqui nos interessa.

4. *As entradas de energia no S.C.U. são de natureza térmica (oriundas da fonte primária de energia de toda a Terra – o Sol), implicando componentes dinâmicas inequívocas determinadas pela circulação atmosférica, e decisivas para a componente hídrica englobada nesse conjunto.*

Trata-se aqui de todo o fundamento da Meteorologia e Climatologia, a partir das leis da radiação. Cabe-me lembrar os efeitos que a própria atmosfera desempenha entre o Sol e a superfície terrestre, como também o papel que as componentes horizontais da circulação, sobretudo através da umidade, exercem nas trocas térmicas que se produzem em face da radiação solar e terrestre.

O fato mais importante a lembrar é aquele que o organismo urbano, do ponto de vista da radiação, constitui a própria *superfície terrestre* no contexto do S.C.U. É todo esse organismo, através das diferentes formas de uso do solo e estrutura urbana, que passa a exercer os efeitos decisivos de reflexão, absorção e armazenamento térmico; efeitos de atrito na ventilação etc. Só num grande esforço de abstração podemos teorizar como se tais mecanismos fossem lentos e separados. Em matéria de funcionamento no sistema, tudo (ou quase tudo) se passa instantânea e ininterruptamente.

Deve-se ressaltar, ainda, que a circulação atmosférica regional projetada do ambiente ao núcleo do S.C.U. é de tal modo importante que se pode admitir que seu papel acaba se tornando mais diretamente eficiente do que o do próprio Sol.

5. *A avaliação dessa entrada de energia no S.C.U. deve ser observada tanto em termos quantitativos como, especialmente, em relação ao seu modo de transmissão.*

Há razões extremamente importantes para que assim se proceda. Em primeiro lugar, a própria conceituação de clima – sob a perspectiva dinâmica conferindo o maior significado ao ritmo de comportamento atmosférico sobre dado espaço terrestre. Todas as outras razões geográficas complementares já foram suficientemente explanadas inicialmente.

Juntam-se agora a essas razões geográficas outras igualmente ponderáveis, requeridas pela própria T.G.S. Um dos conceitos mais importantes para a compreensão dos sistemas organizados, em especial a cibernética, é aquele de *diferença* (Ashby, op. cit., p. 11), que se avalia através daquele de *estado*, que conduz àquele de *mudança* e, finalmente, chega-se à *transformação* e/ou *mudança* repetida. Percebe-se, mesmo sem matematizar a exposição, que eles implicam comportamento e organização funcional.

Embora a atmosfera seja, pela sua natureza, mais ligada à continuidade (grande parte dos chamados elementos do clima o são: temperatura, pressão etc.; a chuva não o é), é possível decompor esse fluxo contínuo em unidades discretas, tanto em seus atributos extensivos (os mencionados atrás) quanto nos intensivos. O *tempo* (meteorológico) é uma unidade discreta intensiva que se encadeia em sequências, demonstrando padrões de desenvolvimento, que conduzem ao *ritmo* (habitual, extremos etc.) e por eles se chega ao conceito de

clima (pelo menos o geográfico). Assim, o modo de transmissão, entrada e fluxo de energia através do sistema, é fundamental. Eles explicam a geração dos estados iniciais e a sequência de processos de mudanças e transformação no interior do sistema.

Para reforçar a importância, perguntaria apenas, através de uma banal analogia, o que mais interessa para compreender o funcionamento ou desempenho de um aparelho elétrico. O número de quilowatts-hora ou a maneira como o penetra e percorre a corrente elétrica?

Se não houvesse outros méritos, ficaria devendo à T.G.S. esse reforço à demonstração de que o clima de um lugar (de uma cidade) não pode ser entendido apenas com os valores médios de seus elementos extensivos. Estes fornecem parâmetros importantes à quantificação.

6. *A estrutura interna do S.C.U. não pode ser definida pela simples superposição ou adição de suas partes (compartimentação ecológica, morfológica ou funcional urbana), mas somente por meio da íntima conexão entre elas.*

Uma das partes fundamentais da abordagem sistêmica é a revelação das tramas internas no seu núcleo compondo estruturas. Muitas vezes, nos casos complexos, pode-se verificar relações do tipo entrada e saída de produtos, sem que se decifre o mistério funcional (*black box*).

No caso do S.C.U. haverá a maior necessidade de integração entre os diferentes elementos, aglutinando-se em partes, caracterizando atributos de cujas relações dependem o desempenho e a organização funcional do sistema. Alguns exemplos expressivos poderão ilustrar o pensamento. Considere-se a necessidade de avaliar o comportamento de uma parte (ou um setor dela) em face da ventilação: o espigão central da avenida Paulista. Na realidade, e para ter significação, ele não poderá ser observado apenas pelo perfil topográfico; o perfil expresso só será real se acompanhado da massa de edifícios altos que se situam ao redor dele.

Na consideração do uso do solo para calcular os parâmetros de infiltração e escoamento areolar das águas pluviais, será preciso estabelecer relações algébricas ou geométricas entre aquele atributo e a natureza do solo, por exemplo, já que um pode vir a anular o outro em dado espaço.

Na estrutura do S.C.U., haverá certamente que se considerar vetores e seus componentes, em número elevado, acrescentando-se a isso a influência de fatores sobre eles. Nesses casos há imperiosa necessidade de cálculo matemático e se requer a quantificação. Muitas das técnicas usadas para revelar estruturas socioeconômicas poderão também ser homologadas – conjuntos de equações, funções – até que seja atingida a *representação canônica* do sistema (Ashby, op. cit., p. 42).

7. *O conjunto-produto do S.C.U. pressupõe vários elementos que caracterizam a participação urbana no desempenho do sistema. Sendo variada e heterogênea essa produção, faz-se mister uma simplificação, classificatória, que deve ser constituída através de canais de percepção humana.*

Poluição do ar, ilha de calor, inundações no espaço urbano, dentre outras formas, assumem destaque nos climas urbanos, refletindo, com isso, peculiaridades do clima da cidade.

O agrupamento ordenador dessa produção é sugerido como devendo ser feito através de canais da percepção humana, já que o homem deve constituir sempre o referencial dos problemas e valores dos fatos geográficos.

Após algumas tentativas de ordenação, cheguei a esta proposta:

a) Conforto térmico – Englobando as componentes termodinâmicas que, em suas relações, se expressam através do calor, ventilação e umidade nos referenciais básicos a esta noção. É um filtro perceptivo bastante significativo, pois afeta a todos permanentemente. Constitui, seja na climatologia médica, seja na tecnologia habitacional, assunto de investigação de importância crescente.

b) Qualidade do ar – A poluição é um dos males do século, e talvez aquele que, por seus efeitos mais dramáticos, atraia mais a atenção. Associada às outras formas de poluição (água, solo etc.), a do ar é uma das mais decisivas na qualidade ambiente urbana.

c) Meteoros do impacto – Aqui estão agrupadas todas aquelas formas meteóricas, hídricas (chuva, neve, nevoeiros), mecânicas (tornados) e elétricas (tempestade), que assumindo, eventualmente, manifestações de intensidade são capazes de causar impacto na vida da cidade, perturbando-a ou desorganizando-lhe a circulação e os serviços.

Aliás, esse aspecto tríplice advém da aglutinação no complexo energético de elementos termodinâmicos, físico-químicos e hídricos.

8. *A natureza urbana do S.C.U. implica em condições especiais de dinamismo interno consoante o processo evolutivo do crescimento e desenvolvimento urbano, uma vez que várias tendências ou expressões formais de estrutura se sucedem ao longo do processo de urbanização.*

Trata-se aqui do reconhecimento explícito de um dos caracteres especiais da urbanização e que reflete, como foi aludido atrás, num atributo específico do operando do sistema S.C.U.

Esse problema é merecedor de considerações especiais na T.G.S. (Bertalanffy, 1973). O próprio autor (op. cit., p. 745) se preocupa com o prin-

cípio de crescimento relativo, sobretudo aplicável aos fenômenos sociais. Ele próprio cita como exemplo disso o processo de urbanização, calculando o crescimento urbano relativamente à população rural através de equações denominadas alométricas. (Em colaboração com Naroll (1956), publicou um estudo sobre *The principle of allometry in Biology and Social Sciences*).

Será muito importante para o S.C.U. dispor de forma de expressão quantitativa de sua estrutura em segmentos temporais sequentes para que seja possível avaliar os graus de desenvolvimento de sua estrutura.

9. O S.C.U. é admitido como passível de autorregulação, função essa conferida ao elemento homem urbano que, na medida em que o conhece e é capaz de detectar suas disfunções, pode, através do seu poder de decisão, intervir e adaptar o funcionamento do mesmo, recorrendo a dispositivos de reciclagem e/ou circuitos de retroalimentação capazes de conduzir o seu desenvolvimento e crescimento seguindo metas preestabelecidas.

É aproveitado aqui o princípio cibernético de autorregulação para conferir ao homem essa função, consoante aceitação do processo metageográfico no paradigma geral para a moderna Geografia proposta por Berry (1972-a).

A percepção e a conscientização dos problemas da cidade, em especial no caso do seu clima, decisivo à qualidade do ambiente urbano, induzem a anseios, expectativas que, em termos sociais, são extremamente importantes para encontrar os referenciais de valores no estabelecimento das metas.

A pesquisa científica dirigida, interdisciplinarmente, a esses problemas, oferece os subsídios sob formas de soluções alternativas apresentadas ao poder público, a quem compete as decisões e a mudança deliberada.

Todo esse conjunto social, ideológico e científico, aliado à tecnologia, incorpora-se através do *planejamento*. Ressaltando o caráter pragmático da montagem do S.C.U., é necessário lembrar que o planejamento, como corpo interdisciplinar moderno, pressupõe muitas formas e estratégias capazes de subsidiar as decisões do poder público.

Berry (1972-b) analisa muito bem o assunto no seu artigo sobre as mudanças deliberadas nos sistemas espaciais e aponta os modos, objetivos e políticas do planejamento.

10. Pela possibilidade de interferência autorreguladora, acrescentam-se ao S.C.U., como sistema aberto, aquelas propriedades de entropia negativas pela sua própria capacidade de especialização dentro do crescimento através de processos adaptativos, podendo ser qualificado, assim, como um sistema morfogenético.

Encerra-se, aqui, a lista dos enunciados básicos com a atribuição ao S.C.U. de suas características mais definidoras de sua capacidade de desempenho. A partir do enunciado anterior, a atitude é de expectativa e poderá, evidentemente, ser utópico.

Pela sua tendência *natural*, estaria fadada a constituir um sistema orgânico à procura de equilíbrio homeostático. Pelo crescimento desordenado da urbanização, isso dificilmente seria obtido; e o sistema, agravado pela sobrecarga de produtos nocivos, viria, fatalmente, a entrar em entropia. Nada impede, contudo, que o homem urbano interfira, conscientemente, no sentido de elaborar a adaptação progressiva às metas de crescimento harmônico.

Creio que será mais otimista pensar nessa conscientização, uma vez que não será nada realista pensar que o homem iria sustar o crescimento urbano, a industrialização, a circulação de veículos para assegurar um hipotético equilíbrio ecológico e manter os padrões de qualidade de vida em níveis aceitáveis.

Inegavelmente, serão necessários esforços maciços de uma verdadeira cruzada no sentido de que esse caráter corretivo e adaptativo seja assumido pelo homem e de que o S.C.U. seja incluído nessa categoria sistêmica. Para isso, torna-se necessário o poder de decisão governamental (o que se vem configurando como viável) em institucionalizar a intervenção através de dispositivos autorreguladores (legais, tecnológicos etc.) para efetivar o S.C.U. como tal.

Configurando-se, assim, como *sistema morfogênico*, o S.C.U. poderá gerar, continuamente, variedade de forma e comportamento por meio de seu dinamismo peculiar de inter-relação com as partes que o constituem. Desse modo, poderá ser conduzido, galhardamente, contra as adversidades dos insumos atmosféricos (eventuais) e, especialmente, contra o acúmulo de produção nociva (constante e progressiva) da transformação interna.

Só assim será possível assegurar sua própria condição de sistema *organizado*. Esse é um desafio que cumpre ao homem urbano aceitar, para sua própria preservação e sobrevivência.

As questões básicas de consistência

1ª questão: (entre o táxon e o hólon)

Ordem de grandeza e graus de organização

Tricart (1972) reputa como estranho o fato de que, sendo uma disciplina de repartições especiais, a Geografia se tenha preocupado tão pouco com taxonomia.

Realmente, tanto pela extensão (um dos velhos princípios da Geografia) quanto pela sua representação cartográfica, essa questão, embora vivida no dia a dia da pesquisa geográfica, está longe de ser, se não resolvida, pelo menos sistematizada.

Para a montagem do S.C.U., essa é uma questão fundamental, não só por si mesma, como pela sua associação ao nível da organização. Sabe-se que, na T.G.S., o problema do fracionamento das partes de um todo sistêmico é secundário, pois o que importa são as relações entre elas, liames esses que conduzem à organização funcional.

Ora, tanto em Climatologia quanto em Geomorfologia, as unidades especiais de análise acham-se submetidas a uma gama variada de designações. Escalas de observação e representação assim tão numerosas chegam a ser inibidoras. Por razões óbvias as *unidades* espaciais do clima estão muito ligadas às unidades geomorfológicas.

Assim, centralizado na percepção humana, através de expressão ecológica, o clima se posiciona no espaço concreto, tridimensional da superfície terrestre através daquilo que lhe constitui o arcabouço – as formas do terreno.

Creio, assim, que o problema da taxonomia em Geografia Física deve ser enfrentado conjuntamente em Geomorfologia e Climatologia. E veremos que, assim, já tem sido experimentado. Mas é importante esclarecer que a preocupação taxonômica não deve visar estabelecer limites absolutos a cada unidade morfoclimática, pois haveria profunda contradição com o que foi dito no enunciado 1. Em termos sistêmicos a necessidade é *relativa*, ou *relacional* (Harvey, 1972), uma vez que a preocupação é obter respostas para perguntas do tipo:

- O que está contido dentro de quê?
- Quais são os elementos que compõem o conjunto?
- Em que níveis escalares os elementos podem ser posicionados?

Por esse motivo é que o tratamento dessa questão merece uma atenção especial. Pela razão apontada, começarei a analisá-la a partir dos esforços de sistematização em Geomorfologia, analisando o problema no campo climatológico até chegar a apresentar uma proposta pessoal.

No estudo *Le problème de la classification des faits géomorphologiques* (Tricart & Cailleux, 1956), foi oferecido o primeiro esforço sério de sistematização da taxonomia geomorfológica. Como os autores praticam uma Geomorfologia climática em que o processual é um dos fundamentos da análise, há nessa proposta, resumida em quadro a modo de matriz, uma relação entre as unidades geomorfológicas e as climáticas correspondentes nas diferentes ordens de grandeza.

Esse esquema sofreu poucas alterações em trabalhos subsequentes dos autores (Tricart, 1956, 1972). As relações que se estabelecem com as unidades climáticas satisfazem nas ordens de grandeza superiores, mas tornam-se discutíveis nas ordens inferiores. Não por culpa dos autores, mas porque a variedade de designação é tal que não se poderia escolher, acertadamente, sem antes tomar uma deliberação e acompanhá-la de um esclarecimento.

Para o curso de Climatologia Urbana, cheguei a preparar um quadro didático de relacionamento das unidades climáticas com as ordens de grandeza taxonômica das formas e com unidades (ou graus) de urbanização (Quadro I). Confesso que não ousei incluir as unidades propostas por Bertrand pelas dificuldades que encontrei em relacioná-las no referido quadro.

Em suma, o resultado prático é muito débil e limita-se apenas à opção que foi dada para uma terminologia das unidades climáticas. Não houve problema nas unidades superiores, já que não há dúvida sobre o conceito zonal e o regional, mas é necessário incluir nessa unidade (ou conjunto) o sub-regional ou fácies regional.

A relação taxonômica a partir do clima local também não é difícil de estabelecer, com a condição de não se exigir rigidez. Mas o que se torna importante é a terminologia usada (como opção) para as subdivisões do *clima local*.

Em primeiro lugar, proponho *mesoclima*. Nesse caso, há uma concordância com o quadro de Tricart & Cailleux. Não deverá haver aí qualquer confusão com escala de tratamento; o sentido é de que ele é uma subdivisão, uma parte (não obrigatoriamente metade, mas forçosamente fração) da unidade básica, assim concordamos que o clima local é a unidade básica de observação meteorológica.

Um mesoclima pode ser um conjunto de *topoclimas*. Aqui há uma discordância da sugestão de Tricart & Cailleux e uma aceitação do termo de Thornthwaite (1953). Exemplificando com o sítio urbano de São Paulo (evidentemente abstraindo a cidade, por enquanto), diria que os mesoclimas poderiam ser identificados nos compartimentos básicos da morfologia, em termos de várzea, espigão central, colinas periféricas, vertentes serranas etc.

O espigão central não só apresenta variações ao longo do seu desenvolvimento, como sensíveis variações transversais. É evidente que, ao incluirmos a estrutura urbana, o que é forçoso, a própria massa das edificações (entre outras coisas) e suas variações de volume, associadas a traços topográficos, pode ajudar a dar-lhes maior expressão *topográfica*.

Numa topografia plana, como a da várzea, as diferenças de volume de edificações, aliadas a outras formas de uso do solo, assumem o papel de criador das variedades topográficas (em concordância com o que foi preconizado no enunciado 6).

Quadro 1
CATEGORIAS TAXONÔMICAS DA ORGANIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO CLIMA
E SUAS ARTICULAÇÕES COM O CLIMA URBANO

Ordens de grandeza (Cailleux & Tricart)	Unidades de superfície	Escala cartográfica de tratamento	Espaços climáticos	Espaços urbanos	Estratégias de abordagem		
					Meios de observação	Fatores de organização	Técnicas de análise
II	(milhões de Km)	1:45.000.000 1:10.000.000	Zonal	-	Satélites Nefanalises	Latitude Centros de ação atmosférica	Caracterização geral comparativa
III	(milhões de Km)	1:5.000.000 1:2.000.000	Regional	-	Cartas sinóticas Sondagens aerológicas	Sistemas meteorológicos (Circulação secundária)	Redes transectos
IV	(centenas de Km)	1:1.000.000 1:5.000.000	Sub-Regional (fácies)	Megalópole Grande área metropolitana	Rede meteorológica de superfície	Fatores geográficos	Mapeamento sistemático
V	(dezenas de Km)	1:250.000 1:100.000	Local	Área metropolitana Metrópole	Posto meteorológico Rede complementar	Integração geológica Ação antrópica	Análise espacial
VI	(centenas de Km)	1:50.000 1:25.000	Mesodima	Cidade grande bairro ou subúrbio de metrópole	Registros móveis (Episódicos)	Urbanismo	Especiais
-	Dezenas de metros	1:10.000 1:5.000	Topodima	Pequena cidade Fácies de bairro/ subúrbio de cidade	(Detalhe)	Arquitetura	
-	Metros	1:2.000	Microdima	Grande edificação Habitação Setor de habitação	Baterias de instrumentos especiais	Habitação	

Como última unidade, aparece o *microclima*, mais próximo dos limites que lhe foram traçados por Geiger (1950), sem a rigidez dos dois metros, mas sem atingir muitas dezenas de metros. O melhor expediente que se pode adotar para fazer um aluno perceber a realidade microclimática é conduzi-lo ao pequeno nicho formado pela nascente do córrego entre os prédios das Químicas e os das Biociências em nossa Cidade Universitária. Trata-se, nitidamente, de um topoclima onde a morfologia e o resíduo de mata (ou capoeira) permitem uma combinação especial que se revela sensorialmente a qualquer visitante, pois que, em poucos metros de penetração, vai-se percebendo, com suficiente clareza, a variação microclimática. O próprio edifício da Geografia e História é um precioso exemplo de conjunto microclimático construído arquitetonicamente. Juntamente, assim, àquele exemplo *natural* (até certo ponto) esse outro *artificial*.

Voltando ao quadro taxonômico dos espaços climáticos, considero que essa minha proposta limita-se tão somente a elucidar dois pontos:

- a) o *escalonamento* das unidades entre si, isso mesmo mediante a aceitação da terminologia (o que está contido dentro do quê);
- b) a possibilidade de relacionar, também de modo escalonado, as unidades de urbanização desde a habitação até a região urbana.

Assim o quadro tem alguma significação e utilidade se o tomarmos no sentido das colunas, e fatalmente é muito limitado no sentido das fileiras, onde as relações só podem ser imaginadas em termos de aproximações grosseiras ou com grandes margens de elasticidade. Nota-se no quadro que, para reforçar seu aspecto didático, inclui também as técnicas de observação meteorológica e análise geográfica de clima das diferentes ordens de grandeza.

Um aspecto positivo, que pode ser explorado no caso do clima urbano, prende-se ao fato de que podemos estabelecer uma relação decrescente na definição dos espaços climáticos inversamente proporcional ao poder de criação (espaços habitacionais) e alteração (espaço urbanizados) do homem nos espaços climáticos, à medida que se ascende na respectiva coluna do quadro. Essa importante relação será retomada no tratamento da terceira questão deste capítulo.

Os procedimentos de representação cartográfica têm grande importância em Geografia, pelo menos para aqueles que não pretendem fazer tábua rasa da natureza. É um assunto que me preocupa e ao qual pretendo dedicar alguma atenção no futuro. Ele tem grande significação para a Climatologia, não só na investigação dos problemas agrários, como poderia parecer à primeira vista, como para os estudos do clima urbano. Por enquanto, diria que a taxonomia tem suas limitações ligadas à falta de consideração que se tem tido para com o fato que examinarei em seguida.

O problema básico das limitações e insatisfação a que o tratamento taxonômico conduz está indissoluvelmente ligado a uma falsa concepção de *hierarquia*. Nunca me convenceram alguns trabalhos da nova Geografia, pela confusão reinante na escolha de classes e ordem hierárquica. E mais diretamente as *hierarquias urbanas* obtidas pelo simples grupamento e fatorização de atributos extensivos.

Para mim, o problema foi resolvido por um dos mais notáveis pensadores deste século: Arthur Koestler (Koestler, A. & Smithies, J. R., 1969). Num exercício em Teoria Geral dos Sistemas sob o sugestivo título: *Beyond atomism and holism: the concept of holon*, o sábio procede a uma exegese do conceito de hierarquia, profundamente esclarecedora.

Admite ele que quando se fala em organização hierárquica como um princípio fundamental de vida, encontra-se forte resistência emocional, de vez que as pessoas se habituaram a ver nela uma palavra desagradável, eivada de associações eclesiásticas e militares. Esses preconceitos dirigem para o termo uma falsa impressão de estrutura rígida e autoritária, por uma associação indevida com *hierático*, coisa bem diferente.

Por outro lado, a noção de hierarquia, muitas vezes, é confundida com a de escada, onde os elementos de um conjunto se dispõem em degraus, guiados pela simples noção taxonômica. Para combater essa falsa ideia, procura aquele autor associar a ideia de hierarquia a uma árvore viva: um multinivelado, estratificado e esgalhado padrão de organização. Essa ideia não anula aquela da ordem de grandeza, mas simplesmente se associa a ela e a completa.

Para melhor esclarecer a ideia, recorre a uma representação gráfica associativa em que arborescência e reticulado se completam. Na Figura 1 procurei reproduzir tal representação, acrescentando-lhe outros conceitos desenvolvidos pelo autor no seu texto, por considerar o desenho e a ideia que procura servir como extremamente importantes para a consistência do S.C.U. por mim proposto.

O desenho da árvore mostra a relação entre os troncos e os galhos, entre os galhos e os ramos. Fazendo um corte transversal e projetando-o no plano horizontal, a visão dinâmica da arborescência transforma-se na visão estética do reticulado, reveladora da estrutura, em termos de embutimento das partes em dado conjunto. Assim, a árvore é transformada numa espécie de *caixa-chinesa*; esta é uma visão taxonômica, estática, que informa como as partes estão contidas no todo, sendo, entretanto, desajeitada e contendo menos informações. A ideia da árvore é mais dinâmica, mais rica, por revelar as relações entre partes e, sobretudo por admitir implicitamente a noção de crescimento e evolução do sistema.

Torna-se, pois, de grande importância considerar os sistemas organizados, não apenas como simples agregados de partes elementares, refletindo-se, taxonomicamente, através do reticulado, mas cumpre encará-los, acima de tudo, quanto ao aspecto organizacional, onde constituem subconjuntos em vários níveis de hierarquia.

Para encontrar o elo perdido entre a parte elementar mais discreta (átomo) e o sistema integral (o todo, na visão holística), Koestler propõe o conceito de *hólon*. Esse termo (cujo mecanismo de formação é o mesmo usado para elétron, nêutron etc.) designa as formas intermediárias de organização que participam tanto das propriedades autônomas do todo quanto das propriedades dependentes das partes.

Num sistema, o número hierárquico é muito importante para sua caracterização, revelando-lhe a profundidade. Eles são obtidos no plano vertical, aquele da evolução e do dinamismo do sistema.

Os hólons constituem núcleos de polaridade nos diferentes níveis. Mas os canais de comunicação (que só a arborescência revela) devem ser definidos, pois eles é que estabelecem a comunicação e o controle entre os diferentes níveis e condicionam o funcionamento dos hólons.

A proposição de Koestler vem, assim, acrescentar ao conceito de táxon, que expressa a ordem de grandeza entre as partes do sistema, aquele de hólon, necessário ao definir os graus de organização no interior do mesmo. O objetivo daquele autor foi combinar dois princípios fundamentais: organização hierárquica, de um lado, e sistema aberto, de outro, e, acrescentando-lhes uma pitada de cibernética, obter um sistema teórico expresso pelo modelo designado como *Self-Regulating Open Hierarchic Order*, abreviado pela sigla SOHO.

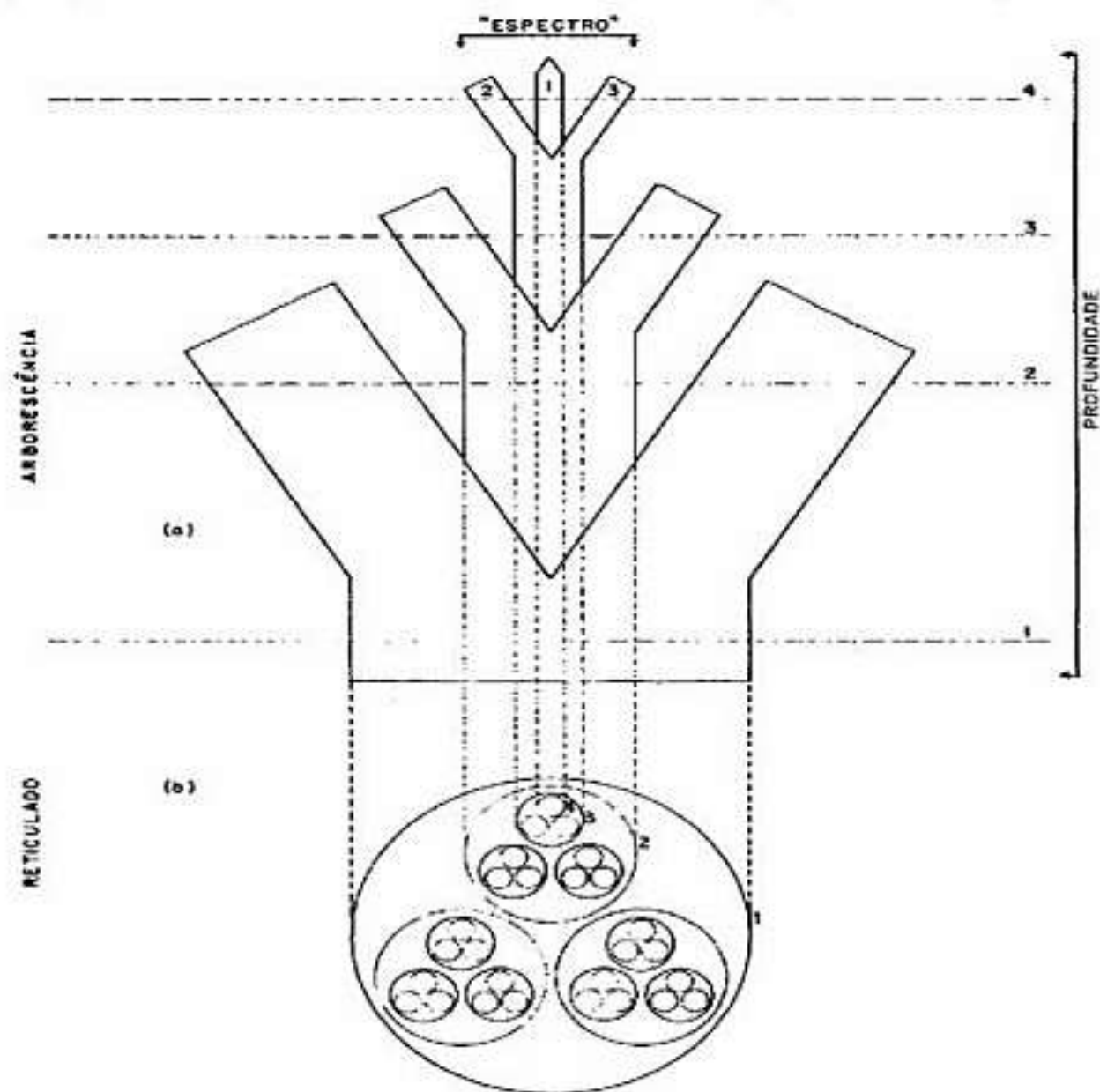
Para a abordagem do clima urbano, esses princípios parecem-me fundamentais, de tal modo que, ao propor o S.C.U., desejo incorporar aqui as proposições do SOHO de Koestler.

O sistema koestleriano de ordem hierárquica, aberta, autorreguladora é fundamental para o enunciado 8 do S.C.U. Como se pode perceber pela sua implicação cibernética, ele será fundamental para todas essas questões de consistência, a começar pela que se detém nas relações entre táxon e hólon.

A ideia central é a de que o primeiro é importante para definir elementos do sistema, mas não é condição suficiente para sua montagem, carecendo do segundo para explicar a organização hierárquica. A ideia dos níveis, estratificados ao longo da arborescência, como meio de caracterização de profundidade do sistema, constitui outro aspecto bastante pertinente a essa primeira questão de consistência.

O escalonamento das unidades climáticas, que se identificam no espaço geográfico desde o nível zonal até ao local, pode ser perfeitamente identificado no esquema de Koestler (Fig. 1). Do tronco inicial da superfície terrestre (nível 1), passam a desdobrar-se os grandes galhos da organização zonal (nível 2), dos quais emergem os galhos regionais (nível 3) até aos ramos locais (nível 4). Como a divisão (fragmentação) pode ser infinita, o processo poderá ser retomado no nível local, que, desse tronco unificador, poderá ser desmembrado em *meso*, *topo* e *microclimas*, repetindo a arborescência do esquema.

**FIGURA 1 – NOÇÃO DE HIERARQUIA SEGUNDO ARTHUR KOESTLER
(BEYOND ATOMISM AND HOLISM – THE CONCEPT OF HOLON)**



Duas maneiras de diagramação de uma hierarquia: (a) a árvore (b) a caixa-chinesa (derivada de um corte transversal no nível 4).

Ao refletir sobre a profundidade do sistema, isto é, o número de níveis que, aliado ao espectro de hólons neles contidos, caracterizam-no, ocorre-me uma ideia não desenvolvida por Koestler (pelo menos no trabalho citado), mas que é muito importante para as articulações climáticas e que, por isso mesmo, ousou desenvolver.

Parece-me que, ao longo de um escalonamento taxonômico, os níveis que o atravessam e constituem a hierarquia de sua organização funcional, revestem-se, eles próprios, de um caráter peculiarmente variável em ordem crescente na organização funcional.

Num primeiro nível, parece-me que as propriedades agem no sentido de *diversificação* do todo, passando, num segundo nível, à *organização* propriamente dita, capaz de manter os hólons em missões e desempenhos de maior solidariedade funcional. Num terceiro, parece que se produz uma definição no sentido da *especialização*.

A própria sequência entre zonal, regional e local parece servir bem a contento a essa ideia. No nível zonal, por obra da latitude, decisiva no próprio fenômeno de diversificação, produz-se uma variedade setorial que, se não se afirma em faixas contínuas, organiza-se em grandes células. Estas seriam a expressão do segundo nível, aquela da definição macrorregional. Nesta, os centros de ação e os sistemas meteorológicos vinculados às faixas zonais diferentes participariam no sentido de produzir uma organização climática, gerada pelos mecanismos da circulação atmosférica regional, capaz de manter a organização espacial através do ritmo de sucessão temporal dos seus estados.

Esse modo de suceder-se e evoluir no tempo conferiria aos sistemas atmosféricos a responsabilidade de organização espacial das unidades climáticas regionais. Os elos de ligação e afinidades espaciais estariam para ser encontrados, portanto, no ritmo, no modo de variação e no *quantum* expresso pelos elementos discretos em que se pode reduzir o tempo ou condições atmosféricas.

Esse fato parece-me extremamente importante na organização dos sistemas climáticos regionais, uma vez que a solidariedade espacial é mantida através do próprio comportamento atmosférico e de suas propriedades mais intensivas, tais como o espectro rítmico – isto é, as cadeias e famílias de tipos de tempos capazes de gerar as grandes características qualitativas sazonais: regimes térmicos, pluviais etc.

Dentro das regiões, os fatos geográficos, especialmente em suas associações ecológicas, poderiam, por sua vez, produzir nova gama de diversificações secundárias ou intermediárias (variações rítmicas associadas a grandes expressões quantitativas) até atingir os climas locais. Estes seriam graus de organização especializados, pelas íntimas integrações ecológicas no interior

dos sistemas climáticos regionais, expressando-se, sobretudo, pelas variações quantitativas dos atributos.

Concordo plenamente com Pédelaborde (1959) quando atribui à escala de tratamento regional o “máximo de generalidade compatível com o máximo de verdade concreta”. Eu apenas transponho, em termos geográficos, para a seguinte proposição: o sistema climático regional é aquele no qual as ordens de grandeza taxonômicas superiores (acima do local), a organização espacial dos hólons que o constituem assegura-lhe um nível de organização fundamental.

Se o mesmo raciocínio for retomado para as escalas taxonômicas inferiores, a sequência parece repetir-se na mesma proporção. Um clima local diversifica-se inicialmente ao nível de sua compartimentação geoecológica, base mesma da identificação dos mesoclimas, passando a organizar-se no nível dos topoclimas e especializar-se nos microclimas.

Essa argumentação poderia levar a uma sintonia com a proposta de Bertrand para geossistema, geofáceis e geotopo, não fosse a falta de uma unidade intermediária ou, pelo menos, à condição de que o geotopo não fosse delimitado rigidamente a dada ordem de grandeza taxonômica.

Minha preocupação, ao enfatizar a importância da estrutura interna do S.C.U. integrando o ecológico ao urbano, reflete a intenção deliberada de bem identificar os hólons fundamentais nos diferentes níveis em que se apresentam.

A proposição de Koestler, com o seu SOHO, visa complementar a noção mecanicista na análise de um sistema organizado, que não deve estar limitada a uma simples avaliação em termos de causa-efeito (relação S-R, situação-reação, estímulo-resposta), mas sim estender-se à compreensão da interdependência dos processos em termos de organização funcional. Ao incorporar esse princípio básico na proposição do S.C.U., meu objetivo é o mesmo.

No sistema por mim proposto para o estudo do clima urbano, deve haver a mesma preocupação em caracterizar a organização hierárquica em termos de ligação, no plano vertical, e entrelaçamento, no plano horizontal. As ideias de Koestler, nesse particular, são bem precisas:

I have used the term “interlocking” or “interlacing” hierarchies. Of course hierarchies do not operate in a vacuum. This truism regarding the interdependence of processes in an organism is probable the main cause of confusion which obscured from view its hierarchy structure. It is as the sight of the foliage of the entwined branches in a forest made us forget that the branches originate in separated trees. The trees are vertical structures. The meeting points of branches from neighbouring trees form horizontal networks at several levels. Without the networks, each tree would be isolated, and there would be no integration of functions. Arborization and articulation seem to

be complementary principles in the architecture of organisms. In symbolic universe of discourse arborization is reflected in the "vertical" (definition) of concepts; reticulation in their "horizontal" connectations in associative network (op. cit., pp. 202-3).

Em suma, a discussão dessa questão visa enfatizar que não desejo elaborar um contexto teórico para o estudo do clima urbano em que o dinamismo dos processos esteja desvinculado dos padrões formais da estrutura.

Esse esclarecimento sobre as relações dimensionais e escalonares do táxon e as relações fundamentais e hierárquicas do hólon será capaz de conduzir a bom termo a arquitetura interna do Sistema Clima Urbano.

2ª Questão: (Entre o crescimento e o planejamento)

Padrões de comportamento e autorregulação

Essa questão é essencialmente pertinente aos três últimos enunciados, interessando, portanto, a todo o caráter do sistema.

Ao considerar o S.C.U. um sistema adaptativo em cuja evolução o poder de decisão do homem seja canalizado como mecanismo de intervenção para a autorregulação, ele se vê implicado em importantes componentes cibernéticas. Ainda aqui a contribuição de Koestler será de importância decisiva. Estará em foco também o papel da percepção e da investigação na ação de planejamento e, por isso mesmo, a discussão ideológica dessa prática do mundo moderno estará obrigatoriamente em foco.

Uma das vantagens da consideração hierárquica nos sistemas organizados é superior às noções do todo e de partes: a noção de estruturas intermediárias, das quais os hólons são expressão. Assim, se um todo não pode ser reduzido às suas partes elementares, poderá ser desvendado até os nós da árvore-diagrama: os hólons. Eles se constituem em verdadeiros *relata* ligando os níveis superiores e inferiores entre si. Seu sentido cibernético começa, assim, a manifestar-se como pontos estratégicos por onde passam os canais de ligação que conectam os fluxos de energia que percorrem o sistema. Eles seriam governados por um conjunto de regras fixas responsáveis pela sua coerência, assim como pela manutenção das estruturas nos sistemas em equilíbrio. Mas à fixidez das regras nesses sistemas pode-se antepor a possibilidade de estratégias flexíveis.

Koestler esclarece que, em sua autonomia relativa, os hólons apresentam uma posição bifacial, podendo ter a seguinte função: em relação aos comandos dos níveis superiores (às entradas de energia) podem apresentar-se como dispositivos de filtragem que, embora não anulando, atenuam os comandos, principalmente os inconvenientes.

Em relação às solicitações dos níveis inferiores, podem ser alvo da passagem de uma corrente inversa (propiciada pela produção do sistema), podendo exercer sobre elas a ação de freio. Pode-se admitir mesmo a possibilidade de uma produção nociva, por disfunções mais sérias, uma verdadeira deflagração de detonadores (*scanners* – gatilhos).

Os sistemas abertos são guiados por regras (cânones), cujo conjunto representa sua *organização canônica*. Essa organização dos hólons é que determina as propriedades invariantes do sistema, seu padrão estrutural e comportamento funcional. Isso poderá, em termos mais simples, ser entendido com as *regras do jogo*.

Quando os cânones definem interferência e passos permissíveis no desenvolvimento dos hólons e, conseqüentemente, do sistema, incluem-se e incorporam-se ao sistema estratégias de ação. Estas se constituem de seleção de passos ou decisões efetivas entre escolhas permissíveis, que são guiadas pelas contingências do ambiente (de onde provêm os fluxos de energia).

Pode-se concluir, assim, que se as regras (fixas) indicam como jogar, as estratégias (variáveis e flexíveis) possibilitam vários cursos de partida do jogo.

O processo evolucionário do sistema desempenha variações repercutindo sobre os cânones. A capacidade de impor restrições ou aplicações aos cânones é que dá significado ao tipo do sistema.

Por isso é que considero o S.C.U. como um sistema adaptativo, pressupondo estratégias que conduzam o crescimento urbano guiado por decisões efetivas que permitam um curso harmonioso do sistema. Esse fato implica em duas considerações muito sérias.

Antes de tudo é preciso ter em mente que os circuitos de retroalimentação (*feedback*) não devem ser encarados como uma fórmula mágica capaz de tudo resolver. A interação terá, forçosamente, que considerar, na aplicação desses circuitos, o próprio conceito de ordem hierárquica ao qual estarão presos. Também é forçoso considerar que eles visam corrigir defeitos e encaminhar os mecanismos funcionais a melhor desempenho, porém jamais alterá-los, e substituir ou reverter as regras do jogo.

Em segundo lugar, as decisões, para serem bem analisadas, e os cursos, alternativos de ação, devem ser guiados por metas que, necessariamente, envolvem problemas no modo de escolha e responsabilidade moral.

A esta altura, será necessário incluir algumas considerações a propósito do planejamento. Neste capítulo, incluirei apenas aquelas referentes a seu papel nas decisões que conduzam aos mecanismos de regulação do sistema, já que o assunto será retomado no capítulo final, especialmente em suas implicações com a questão de valores na pesquisa geográfica.

Durante cerca de um quarto de século de prática crescente e sistematização contínua, o planejamento não pôde, ainda, firmar-se como fato inquestionável e aceito integralmente. Não lhe falta, de um lado, certa dose de descrédito, a ponto de se lhe considerar os diagnósticos como tão opressivos ao doente quanto sua própria doença, ou mesmo uma doença paralela. De outro lado, pode ser visto como uma prática fundamental e indispensável ao curso da ação do poder público.

A qualquer pesquisador que, em diferentes graus de atuação, dele tenha participado, é-lhe dado ver a quantas variáveis ele é submetido na sua prática – indo do charlatanismo ao mais elevado grau de seriedade e consciência profissional, bem como pode ser variável a aceitação dos seus resultados pelo poder público.

Ao incluí-lo com o destaque de meio de autorregulação no S.C.U., não quero referir-me às formas nocivas ou precárias, ou ao antiplanejamento que, indiscutivelmente, existe, mas às formas benéficas e positivas que, certamente, coexistem.

Como toda prática humana, ele encerra sua margem de erros e inconvenientes, sobretudo quando não se atinge, por falta de experiência, um lastro de resultados favoráveis. Essa incerteza, porém, é um caráter peculiar a ele, e sua seriedade ou eficiência pode ser julgada pelos objetivos e propósitos a que se destina e a perspectiva razoável que deve separar os meios dos fins.

O geógrafo Brian Berry (1972 a, b) teve ocasião de deter-se na análise dos vários tipos de planejamento, modos de planejar, técnicas e estratégias de planejamento. Dentro da variada gama que se nos apresenta, para a função cibernética que se lhe preconiza para o processo metageográfico, fica bem claro que o tipo de planejamento envolvido é aquele que expressa a *“tomada de consciência de que temos capacidade de lutar e deliberadamente planificar a própria mudança”*.

Como todo planejamento pressupõe a ação normativa de metas, é necessário esclarecer um ponto importante. É mister que se considere o S.C.U. como um dos muitos subsistemas pertinentes à realidade urbana. A intervenção autorreguladora, baseada em decisões, para as quais o planejamento é um subsídio, não visa aqui, nesta proposta, à ingenuidade de preconizar a recuperação de um hipotético paraíso degradado ou perdido pelo homem da cidade. Antes de degradar o ambiente natural, muitas sociedades humanas, em suas relações econômicas e mesmo sociais, degradam o próprio homem, o que se reflete sobretudo na cidade.

É necessário, pois, considerar que as deliberações de interferência no desempenho do S.C.U. devem ser ditadas por metas que reflitam anseios e

expectativas de melhor qualidade ambiente para toda a comunidade urbana, e não, como poderia ser o caso, em benefício de algumas classes em detrimento de outras. Esse raciocínio especial acompanha, de igual modo, o aspecto evolutivo no tempo, no sentido de que as gerações futuras não sejam sacrificadas pela incúria da geração atual.

Caberia lembrar aqui algumas das opiniões formuladas por Harvey (1973), como reforço ao que foi dito imediatamente atrás. Ao finalizar a apreciação do processo social e forma espacial (op. cit., Cap. 2, p. 95), diz ele que, no planejamento urbano, defrontamo-nos com uma enorme tarefa, porque não dispomos do tipo de conhecimento que, no sistema total da cidade, permita-nos tomar decisões políticas sábias, mesmo quando motivadas pelos mais altos objetivos sociais. Pensa ele que a formação de políticas eficientes e a avaliação de suas implicações dependerão de um ataque interdisciplinar dirigido ao processo social e forma espacial dentro da cidade.

Adiante, como fecho ao capítulo sobre o emprego e mudanças de valores relativos à teoria do uso do solo urbano (op. cit., p. 194), declara que teorias e modelos só assumem tais *status* quando penetram na prática social, seja pela modelagem da consciência da população com respeito aos processos que operam em torno dela, seja pela provisão de um quadro de referência analítica como veículo para a ação.

Acredito que, com respeito à qualidade ambiente citadina, através do clima criado pela urbanização, o raciocínio é o mesmo.

3ª Questão: (Entre o operador e o operando)

Dinâmica processual e padrões estruturais

Em alguns enunciados básicos procurarei esclarecer os pontos-chaves dessa questão. Mas, pela sua importância, creio ser necessário insistir nela como uma condicionante da consistência da argumentação teórica.

Uma das diferenças básicas entre a visão mecanicista e a organísmica é que, na primeira, o ambiente, através dos seus fluxos de energia, determina o comportamento do núcleo, enquanto, na segunda, tal comportamento guia, corrige ou neutraliza os efeitos da entrada de energia, adaptando-se e produzindo novos padrões de comportamento.

No S.C.U., onde a entrada de energia atmosférica não é para ser vista apenas em termos de balanços quantitativos, a preocupação fundamental é com o modo de transmissão. A T.G.S. e, mais especificamente, a gama dos sistemas cibernéticos, dá uma ênfase especial ao fluxo de energia que percorre e movimenta o sistema. Todo fluxo energético gerando comportamento pode

ser descrito em termos de condições instantâneas, que representariam os estados do sistema.

A totalidade das condições possíveis ou estados do sistema é descrita como o seu *espaço-fase*. Note-se aqui a homologia que se estabelece com a própria conceituação dinâmica de clima e a dualidade *encadeamento e totalidade dos estados*¹. Ambas, porém, se completam e integram quando compreendemos que a preocupação com a primeira revela a dinâmica processual e, com a segunda, os padrões estruturais.

Qualidade e quantidade determinam a variedade de técnicas que podem ser utilizadas num e noutro caso. No primeiro, a ênfase é na sucessão temporal, ao passo que no segundo se concentra nas mudanças espaciais. Enquanto naquele a descrição enfatiza as variações dos estados através dos fluxos, o segundo, procurando relações espaciais, recorre a matrizes de correlações, à geometria e à álgebra. Todavia, essas visões espaciais, estáticas, devem forçosamente avaliar o grau de mudança no sistema.

O S.C.U. como sistema adaptativo exigirá isso para sua compreensão. Nesse ponto, ele difere fundamentalmente de um sistema econômico, geralmente tomado como um sistema que visa o equilíbrio, satisfazendo-se com a simples geometria dos padrões estruturais.

Como todo sistema complexo, o S.C.U. não poderá ser compreendido em toda a sua funcionalidade, de repente, sobretudo se a preocupação for com o comportamento funcional. Será muito difícil, se não impossível, descrevê-lo em todos os seus elementos, partes e relações, e especificar sua estrutura. Nesse sentido, o núcleo do sistema poderá apresentar-se como verdadeira *caixa-preta*. Num primeiro momento, teremos que contentar-nos em saber o que entra e o que sai através dela para avaliar a mudança. É a análise dita insumo-produção (*input/output*).

O próprio sistema é definido mais pelo seu nível de resolução (para os objetivos considerados) do que pela sua divisão em partes ou pela sua estrutura. Assim, os subsistemas nele contidos devem estar ligados antes ao nível de resolução do que às partes.

Conforme observou Koestler, esse truísmo a respeito da interdependência de processos num organismo é, provavelmente, a causa principal da confusão que obscurece a visão da estrutura hierárquica.

A estrutura total do sistema pressupõe hierarquias entrelaçadas horizontalmente (na estrutura) e interligadas verticalmente (na função). Por isso é que o conceito de *hólon* e de estruturas intermediárias é importante na compreensão dos sistemas.

O S.C.U. pressupõe um nível de resolução geral que é o próprio clima da cidade, mas admite também níveis intermediários de resolução que caracterizam os subsistemas nele contidos. A questão seguinte diz respeito a este assunto.

Os elementos ou partes, organizados concretamente na estrutura geral do sistema, graças a seus atributos, podem participar das resoluções em vários níveis. Infelizmente, a falta de lastro de pesquisa por mim realizada sobre o clima da cidade de São Paulo impede-me de oferecer exemplos já testados, mas, no campo hipotético, ousou tentar a exemplificação.

Admita-se que o centro da cidade, pelos seus atributos de massa de edificações, desenvolvimento vertical, grau de impermeabilização, concentração de tráfego de veículos e pessoas, aparelhagem de condicionamento interno de ar etc., venha a configurar-se como uma parte importante na estrutura do S.C.U.

Deve ser lembrado que a estrutura do S.C.U. inclui obrigatoriamente o natural e o construído pelo homem. Assim, a noção de estrutura na abordagem sistêmica é um elemento importante, sem dúvida, sobretudo no que diz respeito à sua capacidade em refletir o grau de mudanças no comportamento funcional. O *artefato físico* criado pela urbanização, integrado ao suporte geocológico em que se insere, dinamizado pelos fluxos urbanos, é que constitui o operando do sistema S.C.U. cuja estrutura é penetrada e percorrida por fluxos energéticos do operador: a atmosfera.

A visão organísmica e as implicações cibernéticas no S.C.U. são capazes de refletir a coparticipação da natureza e do homem na elaboração do clima da cidade. Essa visão nos habilita à compreensão de que o insumo energético não determina o conjunto-padrão do clima urbano, necessitando da ação transformadora da estrutura.

Os níveis hierárquicos estruturados segundo a inventividade humana podem conduzir àquelas formas intermediárias – os *hólons*, cujo comportamento é duplo em relação aos fluxos de entrada e de produção. Para os primeiros (da atmosfera), sobre os quais o homem não tem controle, os *hólons* agem como filtros e seletores; assim, essa corrente, advinda dos comandos superiores, poderá ser conduzida a bom termo tanto para o conforto térmico como ao impacto meteórico.

No sentido contrário, os fluxos que percorrem o sistema a partir dos níveis produtores poderão ser freados nesses nódulos reguladores dos sistemas, principalmente com respeito à qualidade do ar. Por exemplo: uma fábrica ou um distrito industrial que emita poluentes constitui um elemento ou parte do sistema que deflagra uma produção que tende a difundir-se pelo núcleo do sistema. Se essa disfunção não for paralisada na fonte, poderá haver, em pri-

meira instância, um mecanismo de freio num nível hierárquico imediatamente superior que o estacione; se não houver tal ação, o circuito da produção nociva pode espalhar-se por todo o núcleo, propagando-se ao ambiente circundante. Haverá exportação, assim, do local para o regional.

É nessa importante noção de *polaridade*, conferida a uma hierarquia multinivelada, que o modelo SOHO de Kostler presta inestimável contribuição à montagem do S.C.U.

A adaptabilidade de que pretende revesti-lo decorre da possibilidade de que os hólons desenvolvidos na estrutura da *cidade do homem* tenham capacidade de responder a duas tendências opostas. De um lado, o operador (atmosfera) dirige fluxos de energia sobre os quais o homem não tem poder de controle, com uma vigorosa tendência de afirmação. De outro, atua a criatividade do homem respondendo à natureza com uma tendência integradora.

A tomada de consciência de que essa resposta deve ser integradora me parece ser a alternativa mais congruente no sentido da participação do homem na elaboração do clima e qualidade ambiente da cidade.

A pretensão descabida ao livre-arbítrio e a reversão das regras do jogo, em vez de estratégias que conduzam a partidas a serem ganhas, é que acarretam os problemas atuais do clima das cidades.

NOTA: Na edição original da tese, ao final destas questões (pp. 102-3), coloquei esta advertência:

“É indisfarçável que nessa fase de proposição tanto pela falta de teses de verificação empírico-indutiva quanto de refutação via hipotético-dedutiva e, acima de tudo, pela falta de familiaridade operacional com as técnicas necessárias à prática sistêmica – a formulação dos enunciados evidencia uma atividade de estabelecimento de uma analogia. Maior segurança futura poderá conduzir-me a um tratamento mais em termos de homologia, o que é desejável para a unidade ou o isomorfismo científico.”

Os canais de percepção

Como toda organização complexa, o clima da cidade admite uma visão sistêmica, com vários graus de hierarquia funcional e diferentes níveis de resolução.

Embora esse sistema possa ser decomposto em diversos elementos, as íntimas associações entre tais níveis permitem vincular os elementos em conjuntos de maior afinidade e interação, conquanto nunca se possa, em verdade, incompatibilizá-los completamente uns dos outros.

Pelos enunciados, já foi visto que a opção por mim proposta para o S.C.U. liga-se à percepção humana. Realmente, esses canais perceptivos associam-se intimamente aos principais níveis de resolução do sistema, separando (tanto quanto possível, nessa decisão sempre arbitrária) os grandes conjuntos de fenômenos dentro do universo climático.

Poder-se-á argumentar que é uma atitude separativa na análise climática, o que, sem dúvida, é certo. Quero, porém, explicar que há grande diferença entre esse modo de separação e aquele que reduz a análise do clima a seus atributos elementares e mais discretos possível. Não se trata, aqui, de uma redução ao nível de elementos, mas de uma aglutinação em conjuntos que, mantendo associação intrinsecamente atmosférica – composição, comportamento e produção meteórica – são dirigidos à percepção sensorial e comportamental do habitante da cidade.

Note-se que é impossível dissociá-los completamente, tanto na essência atmosférica quanto na percepção do cidadão. Assim como, por exemplo, não há meio de desvincular a produção meteórica do comportamento e da composição atmosférica, não se poderá considerar que a qualidade e as inundações do espaço urbano estejam desligadas do conforto. Trata-se, antes de tudo, de um artifício para a comodidade da análise que, como toda e qualquer análise, não pode ser executada diretamente ao todo.

Creio que ao propor esses canais abstratos, que se iniciam na essência da atmosfera e desembocam na percepção humana, quero ser coerente com a abordagem sistêmica e com a condição lógica da análise.

Assim constituídos, esses canais podem atravessar toda a organização desde o nível insumidor, pelo transformador ao produtor; possibilitam a orientação no sentido contrário; procuram definir, através do nível de resolução de fenômenos climáticos, os subsistemas fundamentais ao Sistema Clima Urbano; deixam margem à avaliação de suas transformações em sua passagem pelo interior de estruturas internas do sistema; possibilitam, por fim, a avaliação das relações entre o núcleo e o ambiente do sistema.

Creio que esse encaminhamento de análise é, em termos operacionais, mais coerentes com o próprio paradigma aceito por mim para a análise geográfica do clima.

O tratamento dado por Chandler (1965) na análise do clima de Londres apresenta, na minha opinião, três inconvenientes básicos:

a) a fragmentação excessiva, que obriga a um jogo de vinculações muito mais ramificado e complicado que poderá prejudicar a compreensão e, sobretudo, a explicação;

b) a fragmentação em unidades muito discretas e, especialmente, a arbitrariedade da ordem de análise, não estabelecendo uma diferença lógica no tratamento de insumos, transformação e produção;

c) acima de tudo, o tratamento, o que não clarifica os graus de responsabilidade da natureza e do homem na definição do clima urbano.

O diagrama básico (página 45) pretende representar o conjunto do Sistema Clima Urbano (S.C.U.). Em se tratando de uma proposta *a priori* ou seja, desacompanhada de um conjunto suficiente de experimentos, prefiro a diagramação em blocos, onde a sugerida estruturação de fatos que, possivelmente, compõem os processos poderá ser corrigida ou aperfeiçoada à medida que forem comprovadas pelo andamento das pesquisas que constituem o projeto a desenvolver.

Visando auxiliar a compreensão e diminuir o discurso, elaborei o Quadro II tentando uma caracterização geral dos três canais, ao mesmo tempo que permita um paralelo comparativo entre eles.

Os diagramas elaborados separadamente para cada um dos subsistemas ou canais perceptivos pretendem mostrar as relações sistêmicas lineares que se estabelecem no S.C.U.

Com esses dois subsídios gráficos, tentarei um comentário sucinto, conduzindo-o a considerações sobre a atenção para os problemas das cidades brasileiras e, tanto quanto me seja possível, para a grande metrópole nacional, a cujo estudo esta proposição teórica pretende servir.

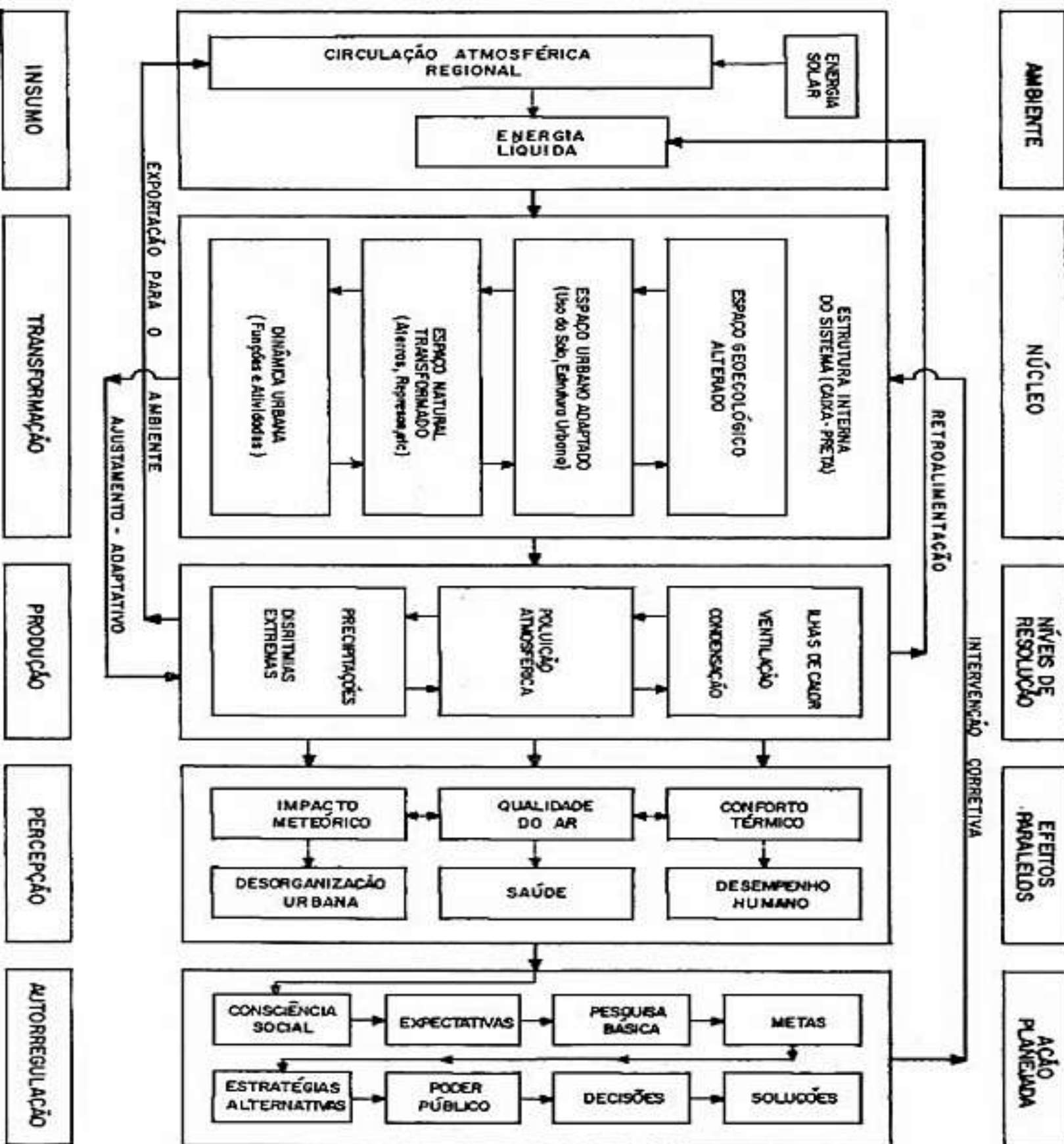
As componentes termodinâmicas do clima (Canal I, página 47) não só conduzem ao referencial básico para a ação do conforto térmico urbano como são, antes de tudo, a constituição do nível fundamental de resolução climática para onde convergem e se associam todas as outras componentes.

Dentro do esquema do S.C.U., esse canal atravessa toda a sua estrutura, pois que é o insumo básico, é transformado na cidade e pressupõe uma produção fundamental no balanço de energia líquida atuante no sistema. O uso do solo, a morfologia urbana, bem como suas funções, estão intimamente implicados no processo de transformação e produção.

É impossível desvincular a componente térmica das barométricas, de ventilação, condensação e precipitações restritas ao núcleo do S.C.U. A geração da ilha de calor é suficiente para desencadear uma ventilação urbana, que se alterna com aquela local do quadro geoecológico e aquela mais ampla da circulação regional.

Só esse fato justificaria a necessidade de uma observação meteorológica específica, reveladora daquilo que a observação padronizada procura evitar.

Diagrama básico S.C.U. – SISTEMA CLIMA URBANO

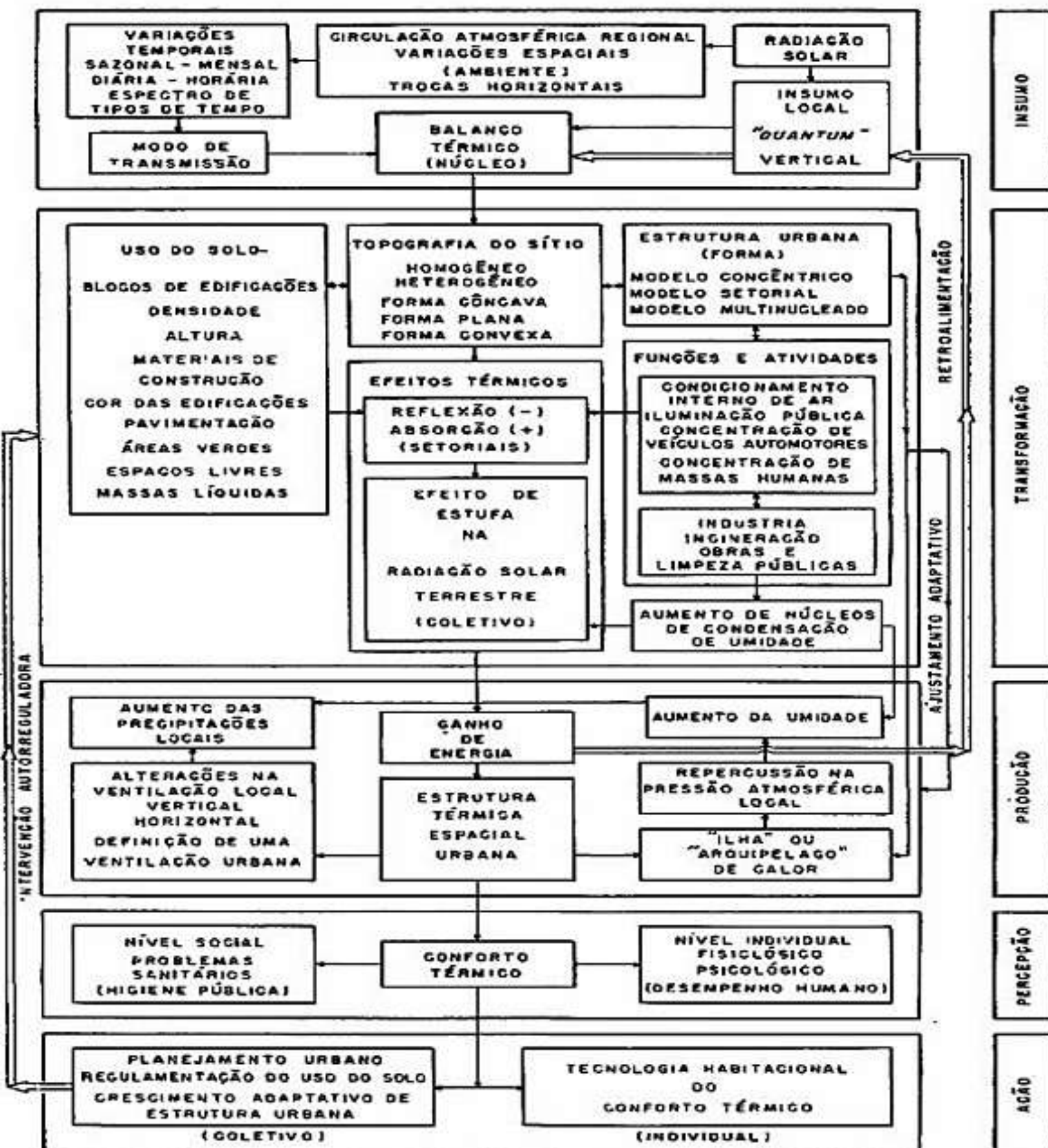


Quadro 2 – SISTEMA CLIMA URBANO (S.C.U.)**Articulação dos sistemas segundo os canais de percepção**

Subsistemas Canais Caracterização	I Termodinâmico Conforto Térmico	II Físico-Químico Qualidade do ar	III Hidrometeorológico Impacto meteorológico
Fonte	Atmosfera Radiação circulação horizontal	Atividade urbana Veículos automotores Indústrias obras-limpas	Atmosfera estados especiais (desvios rítmicos)
Trânsito no Sistema	Intercâmbio de operador e operando	De operando ao operador	Do operador ao operando
Mecanismo de ação	Transformação no sistema	Difusão através do sistema	Concentração no sistema
Projeção	Interação Núcleo Ambiente	Do núcleo ao ambiente	Do ambiente ao núcleo
Desenvolvimento	Contínuo (permanente)	Cumulativo (renovável)	Episódio (eventual)
Observação	Meteorológica especial (T. de campo)	Sanitária e meteorológica especial	Meteorológica hidrológica (T. de campo)
Correlações disciplinares tecnológicas	Bioclimatologia Arquitetura Urbanismo	Engenharia sanitária	Engenharia sanitária e infraestrutura urbana
Produtos	“Ilhas de Calor” Ventilação Aumento de precipitação	Poluição do ar	Ataque à integridade urbana
Efeitos diretos	Desconforto e redução do desempenho humano	Problemas sanitários Doenças respiratórias, oftalmológicas etc.	Problemas de circulação e comunicação urbana
Reciclagem adaptativa	Controle de uso do solo Tecnologia de conforto habitacional	Vigilância e controle dos agentes de poluição	Aperfeiçoamento da infraestrutura urbana e regularização fluvial. Uso do solo
Responsabilidade	Natureza e Homem	Homem	Natureza

C.A. DE FIGUEIREDO MONTEIRO 1975.

CANAL I - O CONFORTO TÉRMICO (SUBSISTEMA TERMODINÂMICO)



A pesquisa do clima da cidade implica obrigatoriamente em observação complementar fixa permanente, bem como trabalho de campo com observações móveis e episódicas.

As técnicas modernas de sensoriamento remoto, principalmente pela aplicação do infravermelho, estão aí para subsidiar o mapeamento térmico das cidades, ponto de partida para outros fenômenos do clima urbano.

No conjunto é um processo de ação intrassistêmica, e a revelação da estrutura térmica e da ventilação urbana é indispensável para compreender a difusão da poluição do ar.

Não apenas nesse aspecto se estabelece uma vinculação íntima entre ambos os canais, uma vez que os poluentes também aumentam a possibilidade de condensação da umidade, aumentando assim o potencial interno de precipitações locais na cidade. É sabido, também, que a associação da temperatura à umidade fornece o parâmetro básico para a temperatura sensível e para a noção de conforto. Nesse ponto, a climatologia urbana dirige suas informações à bioclimatologia, ou Geografia Médica, não só na caracterização quantitativa como na evolução rítmica do tempo. Do mesmo modo, a análise termodinâmica da cidade fornece a informação básica ao arquiteto e ao urbanista. É exatamente nesse nível de criação dos espaços habitacionais e urbanos que se estabelece os mecanismos de reciclagem e adaptação do sistema urbano ao clima em especial e à qualidade ambiente de modo mais abrangente.

Já tive ocasião de referir-me, no capítulo anterior, às diferenças zonais e regionais que o processo termodinâmico e a noção do conforto térmico assumem. No Brasil, pelas suas implicações intertropicais, o problema difere em muito dos países de regiões temperadas ou frias. Nesse particular, é de lamentar profundamente que nossos arquitetos e urbanistas não possam ainda contar com informações e parâmetros climáticos úteis à criação dos nossos espaços urbanos. Não só no que concerne à tecnologia do conforto térmico como em muitos outros aspectos técnicos de construção e conservação, eles são forçados a utilizar normas estabelecidas para outros países de realidades bem diferentes das nossas. Por outro lado, há uma tendência estética e técnica indisfarçável a igualar o mundo todo, em detrimento de suas diferenças naturais e sociais. Não há diferença arquitetônica entre o Quartier de la Défense, em Paris, o moderno centro comercial de Estocolmo, certas áreas recentes de Nova Iorque, São Paulo, Brasília etc. De duas, uma: ou essas edificações dispõem de uma tecnologia de conforto tão especializada a ponto de anular completamente a realidade climática, ou há lugares onde o grau de desconforto é enorme.

E o que dizer dessa padronização a que nos conduz a *aldeia global* em termos de realidades sociais diferentes, segundo países e regiões? Parece que

foi essa uma das conclusões a que se chegou no Congresso Internacional de Arquitetura e Urbanismo realizado em maio em Madrid (1975), lamentando-se a falta de criatividade e adaptação às realidades sociais e ecológicas.

Para São Paulo, quanto às áreas metropolitanas do Brasil Meridional, o problema não será grave nesse aspecto, mas é extremamente importante para a maior parte do país. No momento em que se elaboram sistematicamente planos diretores ao crescimento urbano e há preocupações especiais com nossas áreas metropolitanas, torna-se absolutamente necessário que os estudos não se atenham apenas aos aspectos econômicos.

Penso sobretudo na Amazônia em plena fase de ocupação e implantação urbana. Se criarmos cidades padronizadas universalmente, teremos que ter os recursos e as técnicas para anular a natureza ou pagaremos alto preço pelo desconforto criado.

Não seria razoável dar um salto da simples transposição do modo de viver ibérico a que nos temos prendido até hoje, para um modo universal de habitar, perdendo a oportunidade de criar um modo racional de viver, assumindo nossa condição tropical (da qual parece que nos envergonhamos). Certa criatividade em resolver problemas de adaptação ao meio ambiente deveria ser elemento fundamental na caracterização da cultura brasileira.

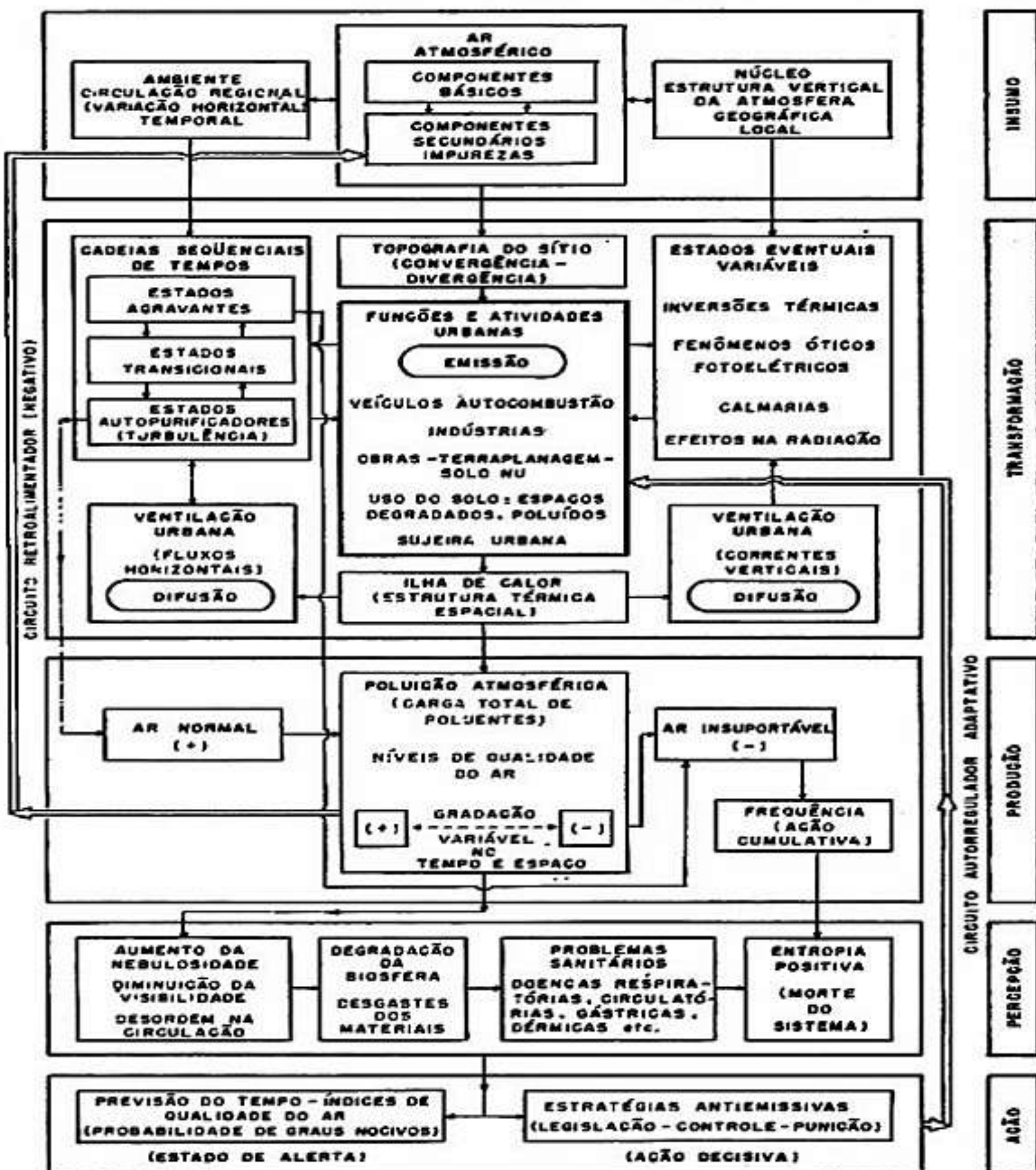
E quanto aos padrões de urbanização? Haverá um padrão universal capaz de neutralizar todas as diferenças ecológicas, ou serão implementadas estratégias diferentes para realidades diferentes? Parece-me que as colônias espaciais do futuro poderão ser feitas dentro dessa universalidade, mas na superfície do nosso planeta o único princípio universal é aquele de que há uma organização conduzindo todas as coisas, porém manifestando-se em variadas expressões, sejam elas paisagens, regiões ou cidades.

Já a gênese do subsistema representado aqui como Canal II, inversamente ao anterior, parte da produção humana na cidade e penetra no sistema no sentido oposto.

Em escala mais ampla, vai-se fazendo sentir certa macroprodução na atmosfera, pelas explosões atômicas, pela contaminação radioativa, assim como, paulatinamente, vão se contaminando as águas dos mares e oceanos.

Mas é nas concentrações urbanas, graças à circulação de veículos a autocombustão, à concentração industrial e a outras formas de produção que contaminam a atmosfera. Aquela porcentagem insignificante de gases e impurezas na massa dos componentes básicos do ar, que se manifestava com relativa constância na face da Terra, vê-se acentuada a ponto de tornar-se perniciosa. Além disso, é uma carga que, partindo de certos pontos da cidade, difunde-se dentro dela e tende a ser exportada para o ambiente circundante.

CANAL II - A qualidade do ar (Subsistema físico-químico)



Aqui a diversificação global não se prende à latitude e aos insumos atmosféricos. Sendo expressão da atividade humana, ela se diferencia pelos graus de desenvolvimento econômico, constituindo o paradoxo urbano de que nos falam Harris & Ullmann (1945).

Nos países desenvolvidos, a tomada de consciência do problema vai produzindo, lenta mas eficientemente, um conjunto de estratégias de combate. Em certas regiões em vias de desenvolvimento a poluição do ar, assim como o asfalto e os arranha-céus, chega ao irracionalismo de ser saudada como um inequívoco sinal e um ônus obrigatório ao progresso. No caso desses países, dever-se-ia pensar, antes, em aproveitar o retardamento para usufruir o exemplo do que aconteceu no primeiro e estabelecer um atalho que evitasse tão pesado ônus.

Entre nós, o problema já se faz presente e atinge a grande metrópole nacional com especial intensidade. Estamos vivendo a fase de tomada de consciência, onde não falta certa dose de deslumbramento e perplexidade. Não faltam as opiniões *dos donos do assunto*, cujas explicações são, por vezes, bem bisonhas. Aqui em São Paulo, na imprensa e nos meios de comunicação de massa, criou-se uma associação fatal entre poluição e *inversão térmica*, passando esta a responder por todo o mal envolvido na questão.

Acontece que esse fenômeno é um dos mais triviais e conspícuos na atmosfera sobre qualquer lugar. (De certa maneira, é um hábito arraigado pensar no comportamento atmosférico apenas no plano vertical.) As inversões ocorrem desde os habituais resfriamentos noturnos até fenômenos mais complexos das camadas de ar nos limites da troposfera, passando pela termodinâmica específica do organismo urbano, segundo demonstram muitos estudos sobre a ilha de calor urbana.

Os deslocamentos horizontais ou a circulação atmosférica secundária introduzem outras possibilidades de inversões. Vários tipos de estados atmosféricos podem dar-lhes lugar. São de tal maneira frequentes e variáveis, em duração e intensidade, que é espantoso não serem consideradas atributos triviais na meteorologia, e somente a elas sejam imputados os episódios críticos da poluição do ar.

A diagnose da poluição atmosférica da cidade requer vários cuidados. Em primeiro lugar, certa acuidade na mensuração da qualidade do ar, acompanhada do levantamento das fontes poluidoras. Como produção humana, ela deve ser corrigida na fonte de emissão e não atribuída ao comportamento do ar sobre cujos insumos energéticos o homem não dispõe de controle.

Toda a etapa preliminar é, pois, da alçada da engenharia sanitária. É uma tarefa preventiva que pressupõe tecnologia correta, controle e punição

através de instrumentos legais específicos. É evidente, porém, que isso só acontece quando o problema se agrava. Não se pode sustar o desenvolvimento em nome da qualidade ambiental, é o consenso geral, pelo menos quando há um esforço de desenvolvimento.

Depois de configurado e agravado o problema, cumpre atacá-lo por todos os flancos possíveis. A tecnologia antipoluidora é onerosa, e não existe nenhuma para despoluir o ar. Ele próprio, no seu dinamismo e sucessão de estados, é que se despolui.

Triste da cidade de São Paulo se assim não fosse. O mecanismo habitual da circulação atmosférica regional implica em passagens frontais turbulentas que, a intervalos relativamente regulares, a bem dizer, regeneram o ar, aliviando a carga incessante e cumulativa que inúmeros agentes lançam nele.

Num organismo urbano amplo como o de metrópole com problema de poluição deflagrada, há que conhecer os mecanismos de difusão da carga poluidora dos setores onde há emissão para aqueles outros que se acabam contaminando.

Todavia, há uma ilusão muito grande em pretender atingir a compreensão desse mecanismo a partir da observação meteorológica padronizada para a análise continental e global. Há que penetrar na observação especificamente dirigida à climatologia urbana. A estrutura térmica espacial deve ser atingida e, com ela, os mecanismos específicos da ventilação tipicamente urbana. Tais peculiaridades alternam-se e, às vezes, superpõem-se àquelas da escala local e regional. Os dados de ventos das estações padronizadas, neutralizando a ação da realidade urbana, revelam o fenômeno apenas como resposta local ao fluxo regional dos sistemas meteorológicos.

As situações de calmaria são importantes porque não só fomentam a concentração localizada dos poluentes como ressaltam as variações locais, especialmente urbanas. A ventilação, a partir de suas componentes intrassistêmicas, tem o papel de difundir os poluentes. A sequência dos estados atmosféricos, trazendo todo um cortejo de situações agravantes e atenuantes, também deve ser conhecida.

A experiência tem demonstrado, em programas de estudos desenvolvidos sobretudo nos Estados Unidos, através de campanhas de trabalho de campo eficiente e bem planejado, conduzido por equipes interdisciplinares e politécnicas, que é possível compreender todos esses mecanismos fundamentais em dois anos de trabalho. Isso é muito importante, uma vez que o instrumental técnico e as equipes podem ser transferidos para o estudo de outras cidades.

O diagnóstico e as estratégias de solução dificilmente poderão advir do simples diálogo do engenheiro especializado na tecnologia preventiva da

poluição e do meteorologista comum, não afeito às técnicas aplicadas à realidade do fenômeno urbano. As tentativas que tenho feito para associar algumas pesquisas nessa temática têm sido, até agora, desencorajantes. O diálogo nem sempre é fácil, pois há, infelizmente, uma mentalidade curiosa de “donos do assunto”, que pretendem resolver sozinhos os problemas, mostrando com essa atitude apenas o quanto estão desesperados para enfrentá-los.

Acima de tudo, há que compreender que, em se tratando de responsabilidade da produção humana, o problema deve ser evitado na fonte emissora, pois que os insumos atmosféricos e o seu comportamento básico não estão na esfera de ação do homem.

Os mecanismos de autorregulação do S.C.U. nesse canal terão que ser exercidos na prevenção e correção das fontes de poluição. Estas constituem os detonadores a deflagrar um fluxo de produção inconveniente que percorre o sistema no sentido de uma autoafirmação humana bastante perniciosa.

Num país em desenvolvimento, como o nosso, não se poderá pensar em sustar o desenvolvimento industrial. Muitas das indústrias mais necessárias, como as petroquímicas, encontram-se entre aquelas altamente poluidoras. O mais importante será a adoção de uma atitude bem pensada e planejada de locação desse tipo de indústria, e de qualquer outra poluidora, em sítios que não comprometam seriamente a qualidade ambiente. Para tanto, as pesquisas de climatologia urbana poderão prestar valioso subsídio à localização industrial.

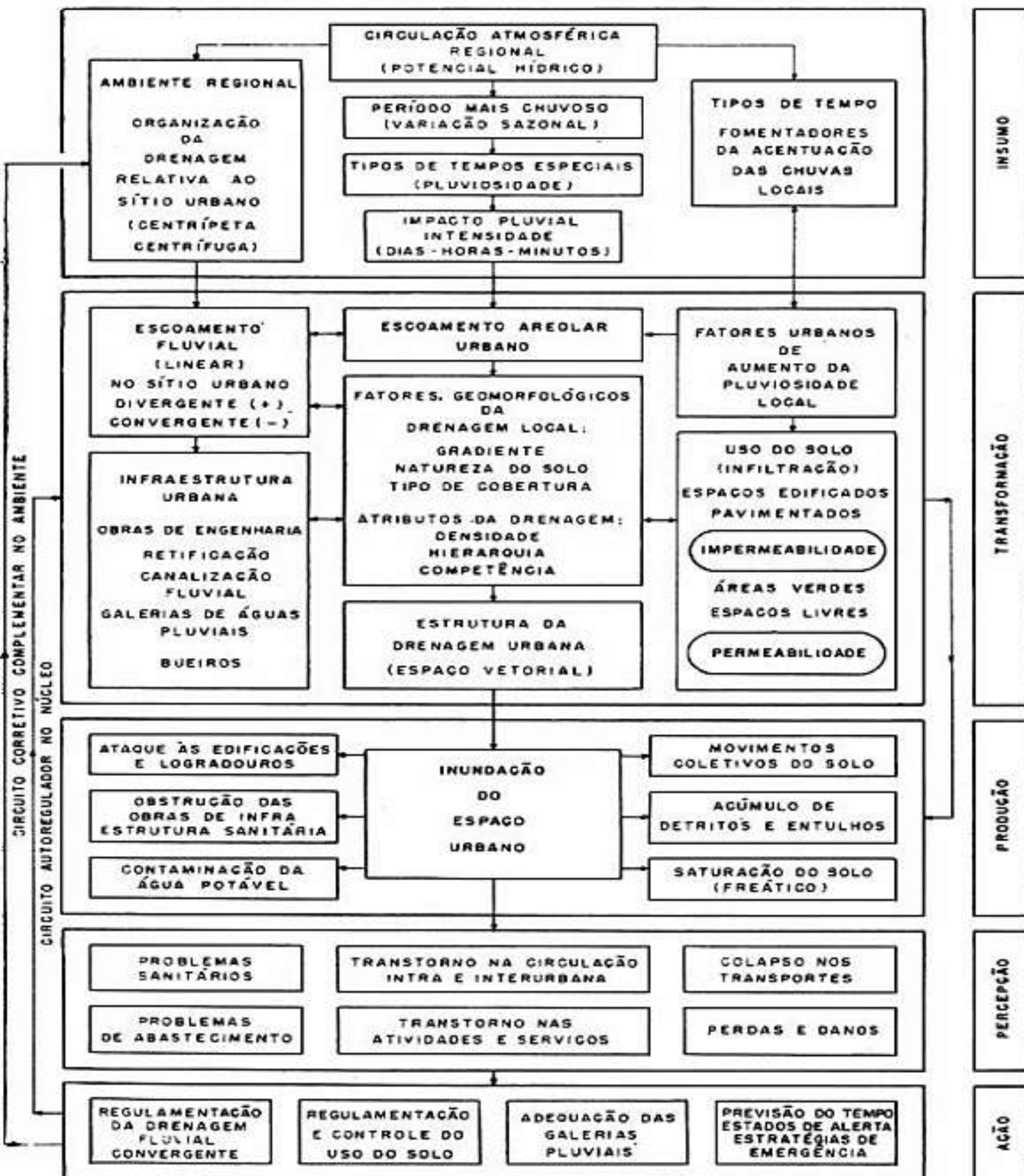
Enquanto no primeiro canal há uma coparticipação natureza-homem e, no segundo, uma responsabilidade humana, o terceiro está ligado novamente à natureza, já que se expressa através dos insumos energéticos atmosféricos.

Como foi mencionado nos enunciados, pretendo englobar aqui todas as manifestações meteóricas de impacto, havendo uma variada gama de fenômenos: tempestades, tornados, furacões, fortes nevadas, aguaceiros etc.

A ideia de impacto pressupõe consequências calamitosas, atacando a integridade da cidade como artefato físico e perturbando, sensivelmente, as formas de circulação e comunicação internas e de ligação externa. São episódios ou eventos restritos no tempo que estão presos ao modo de transmissão de energia, ou seja, ao ritmo de sucessão dos estados atmosféricos.

Pela sua natureza, são eventos que refletem variações extremas e formas violentas do ritmo, afastamentos ou desvios dos padrões habituais, disritmias. A variedade tipológica desses meteoros é acompanhada por irregularidades de frequência. Conforme os mecanismos de circulação regional em que se inserem, podem ser raros e até mesmo excepcionais.

CANAL III – IMPACTO METEÓRICO (Subsistema hidrodinâmico)



Dentro dessa gama variada, pela sua constância, os hidrômetros avultam como aqueles de maior importância, especialmente as formas de precipitação pluvionival e os nevoeiros. São fenômenos descontínuos, mas cuja variação no tempo admite padrões normais de distribuição anual (regime), bem como desvios extremos que levam à escassez e ao excesso.

Não resta dúvida de que a escassez de precipitações repercute também negativamente na cidade, diretamente no núcleo e ainda mais no ambiente do S.C.U. Pode levar à crise de abastecimento de água e energia, com sensíveis perturbações na vida urbana. Embora sendo uma calamidade, falta-lhe, porém, o caráter de impacto perturbador que foi atribuído a esse canal.

Tais manifestações variam, consideravelmente, na face da terra, prendendo-se aos mecanismos específicos das circulações atmosféricas regionais em que se inserem as cidades. Para Montreal, Chicago, Nova Iorque, Estocolmo, os rigores de inverno possibilitam a ocorrência de nevadas fortes, cobrindo-as de camadas que saem do habitual das polegadas ou dos centímetros para a categoria dos metros. Para Londres, Veneza e outras cidades insulares ou litorâneas da Europa, são os fortes nevoeiros que perturbam a vida urbana. Nas regiões intertropicais, são os fortes aguaceiros, monçônicos, como os do subcontinente indiano e da Malásia, e aqueles, tão nossos conhecidos, no Brasil tropical atlântico. Para a Flórida, como em boa parte do sudeste dos Estados Unidos, são os furacões e tornados.

Não pretendo incluir e discutir aqui toda a gama dos meteoros e, sobretudo, os excepcionais, mas aqueles sobre os quais a frequência conduz (ou deveria conduzir) a uma expectativa de ocorrência, levando as cidades a estratégias de defesa.

As cidades do mundo desenvolvido que são suscetíveis a fortes nevadas, em geral, preparam-se para enfrentá-las, criando infraestrutura tecnológica e legislativa de reação e defesa. O mesmo ocorre com aquelas sujeitas à ação devastadora dos tornados. Já que é impossível evitar tais ocorrências, a defesa deve ser cuidada, e a previsão do tempo, sobretudo após o advento dos satélites meteorológicos, tem prestado serviços nesse particular.

No que concerne aos aguaceiros, fortes impactos pluviais concentrados, o problema é de especial interesse para nós, no Brasil, já que dificilmente há um ano em que, em diferentes regiões, não haja uma ou algumas cidades violentamente atacadas. Infelizmente, revelamo-nos cada vez mais incapazes ou ineficientes para combater esse problema crucial de algumas das mais importantes áreas metropolitanas brasileiras.

A complexidade da questão e sua importância nacional exigem maiores considerações, no que concerne tanto à gênese do fenômeno como a seu impacto urbano, nos mecanismos de defesa.

Várias condições de circulação secundária criam possibilidades de fortes aguaceiros. Na primavera-verão, descontinuidades frontais violentas e estacionamento de frentes podem produzir fortes impactos pluviais no sudeste do Brasil. No outono-inverno, os fluxos vigorosos dos sistemas meteorológicos polares podem até produzir condições violentas de chuvas pelo litoral até o nordeste. Configura-se, assim, ampla expectativa do fenômeno, através do ano todo na fachada atlântica brasileira, o que se agrava pela ação orográfica.

As chuvas violentas não podem ser dissociadas da drenagem, do escoamento areolar e fluvial. Assim, em termos de S.c.u., o núcleo do sistema está inevitavelmente ligado ao ambiente em que se integra.

Nesse ponto, a análise do sítio urbano é fundamental, não só em termos de relação dialética homogeneidade-heterogeneidade, como em termos de centripetria e centrifugia de drenagem. No Rio de Janeiro, a violência do contraste entre morros e baixadas planas, num sítio heterogêneo, configura e agrava o problema. Em menor intensidade, a cidade de Salvador reflete o mesmo problema. A centripetria de drenagem superpõe-se ao problema do sítio, seja relativamente homogêneo, como na bacia detrítica intraplanática de São Paulo, seja heterogêneo, como no complexo litorâneo do Recife. Quase todas as nossas áreas metropolitanas têm problemas anuais de inundações do espaço urbano em diferentes graus de intensidade e, de quando em quando, são teatros de calamidades.

As estratégias urbanas, no sentido de reagir a tais inconvenientes, pressupõem tratamento em dois campos. De um lado, pela racionalização do uso do solo, num sentido diretamente ligado ao escoamento areolar; de outro, através do aperfeiçoamento da infraestrutura urbana na canalização de águas pluviais e em regulação dos cursos-d'água, não só dentro dos espaços urbanizados como no ambiente imediato, em caso de convergência para o sítio urbano.

Ora, é sabido que, por diversos motivos, das mais variadas naturezas, as cidades e áreas metropolitanas brasileiras apresentam deficiências congênitais e crônicas: crescem em proporção inversa à capacidade administrativa de planejá-las e dotá-las de infraestrutura. Nesse ponto, a grande metrópole nacional – São Paulo – na região economicamente mais desenvolvida, não difere muito de Recife – metrópole nordestina.

O uso do solo urbano, entre nós, é muito mais uma questão de livre-arbítrio de uma especulação imobiliária desenfreada que danifica as cidades tanto do ponto de vista ecológico quanto social. Pelo menos as cidades novas e, sobretudo, as criadas, deveriam merecer grande atenção nesse sentido.

Na estrutura urbana, as áreas verdes – vistas, em geral, do ponto de vista estético, e, agora, como *focos de purificação do ar* – desempenham grande papel pela riqueza das combinações dos seus atributos na qualidade ambiental

urbana. Além daquelas que geralmente se lhes imputam, elas constituem verdadeiras válvulas regulares do escoamento, pela possibilidade de infiltração em meio à massa de edificações e ruas pavimentadas. Deveriam, pois, ser elementos obrigatórios na cidade intertropical, em vez de serem vistas com certa ojeriza por um verdadeiro complexo de inferioridade que conduz ao abate sistemático de árvores e eliminação de resíduos e nichos de vegetação, inclusive nas cabeceiras dos mananciais. Além do que, são complementos necessários ao lazer, especialmente para as classes que não dispõem de recurso para buscar entretenimento fora da circunscrição urbana.

Quanto às obras de infraestrutura, as normas técnicas utilizadas não raro são aquelas prescritas para as regiões temperadas, onde o problema é, sem dúvida, de implicações bem menos violentas.

Não seria tempo de procurar um *know-how* próprio e mais eficaz?

Não seria tempo de que os estudos de climatologia fornecessem dados e parâmetros úteis a essa tecnologia do saneamento básico?

Na realidade, melhor seria dizer o entrosamento e utilização dessas informações, para não cometer a injustiça de esquecer que muitas análises ricamente informativas já foram realizadas e divulgadas tanto no domínio da Meteorologia como no da Geografia.

O assunto é muito amplo e merece um tratamento especial, que ultrapassaria o âmbito deste estudo. O que, infelizmente, tem acontecido, é que essa produção, já bastante significativa, não tem conseguido penetração, a ponto de sensibilizar os técnicos e o poder público.

Bastaria apontar como exemplo a obra *A Cidade de São Paulo. Estudos de Geografia Urbana*, organizada por Azevedo (1958) como contribuição da Associação dos Geógrafos Brasileiros ao quarto centenário da cidade. Nesses vinte anos de crescimento posteriores, muito pouco da informação ali contida, tanto referente aos aspectos naturais da região quanto ao sítio urbano, foi utilizado. Chega mesmo a ser incompreensível como os administradores tenham deixado a cidade crescer de maneira tão indisciplinada e caótica, de modo a acumular os graves problemas com que se defronta hoje.

Isso serve para reforçar a ideia de que a pesquisa básica ou pura, em termos acadêmicos e afastados num altivo distanciamento, não chega a sensibilizar aqueles a quem cumpre a tomada de decisões, ao mesmo tempo em que demonstra a limitação prática de estudos geográficos urbanos voltados especialmente ao passado.

É por esse motivo que insisto: o ponto de encontro interdisciplinar do planejamento deve despertar o interesse e, mesmo, a insistência de participação do geógrafo e da Universidade.

UM PROGRAMA DE PESQUISA E SUAS LIMITAÇÕES

Em sua obra *Explanation in Geography*, David Harvey (1964, pp. 82-3) apresenta uma relação de seis formas de explicação em Geografia: descrição, morfometria, causa e efeito, desenvolvimento temporal, funcional-ecológica e organização sistêmica. Considero que esta tipologia, encadeada em sequência, constitui-se mais propriamente em *etapas* de um procedimento analítico.

1. Como podem ser estudados, ordenados e grupados os fenômenos sob um dado conceito?

2. Como se dispõem estes fenômenos em termos de forma (morfológicas) e estruturas especiais?

3. Como estes fenômenos são causados?

4. Como se sucedem, encadeiam e se propagam no tempo?

5. Como fenômenos particulares se relacionam, interagem ou integram-se?

6. Como se organizam e hierarquizam os fenômenos num *sistema* coerente?

Neste encadeamento, a sequência constitui-se num procedimento *indutivo*.

A estratégia que me era conveniente, para um plano de investigação pessoal, não poderia adotar em via indutiva, posto que seria, necessariamente, tarefa a longo prazo. Desde que já se dispunha de um acervo considerável de pesquisa sobre os climas das cidades, em diferentes categorias urbanas e por variadas regiões do globo, era possível aproveitar esta informação e tentar atacar a última etapa, ou seja, a montanha (modelagem) de um *sistema*.

No caso do Clima Urbano, a predominância da concepção hanniana de “clima” e o modo separativo de análise de seus elementos deixavam completamente em aberto esta tarefa. Assim sendo, a minha proposta foi a de utilizar a informação disponível e propor a montanha de um “sistema coerente”. A elaboração de um projeto de pesquisa para estudar cidades brasileiras, partindo desse sistema como referencial teórico, pressupõe o encadeamento na ordem inversa, *dedutiva*. Mas, acima disso, as análises serviram a comprovar ou contestar o referencial representado pelo “modelo” proposto.

Assim, ao Plano de Pesquisas montado para o Laboratório de Climatologia (USP) quando da minha chegada a ele (Monteiro, 1971), juntava-se um anexo, dirigido ao estudo do clima das cidades, esboçado na última parte da referida tese. Malgrado a motivação e interesse por parte dos pós-graduandos, a complexidade da temática e escassez de recursos para implantar aquelas investigações constituiu-se num bloco de limitações a restringir o seu desenvolvimento.

Deste modo não é de admirar-se que, entre 1975 – o ano da proposta – e aquele de minha aposentadoria – 1987 –, 12 anos depois, os frutos colhidos haviam sido tão pequenos.

Havia uma imensa curiosidade sobre a caracterização advinda do Canal de percepção I – aquele da resolução termodinâmica, geradora do conforto térmico. Como se revelaria a ilha de calor na metrópole, cujo sítio seja especialmente convergente, numa bacia detrítica e de drenagem centrípeta, nichada sobre um planalto de mar de morros e uma massa edificada extremamente heterogênea e complexa, com inúmeras derivações do primitivo quadro geoecológico?

Diante da desproporção entre a magnitude do problema e os recursos materiais e pessoais – disponíveis em nosso laboratório, nossa posição foi bem realista. Tudo indicava que este não seria o canal por onde principiariamos nossos primeiros ensaios. Embora fosse, sem dúvida, o ponto de partida mais lógico, o problema requeria recursos acima do nosso alcance. A este propósito, em visita ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em São José dos Campos, São Paulo, proferi uma palestra no dia 10 de dezembro de 1976, intitulada: “O Clima Urbano na perspectiva geográfica dos estudos ambientais: relações interdisciplinares e estratégias de ação para um programa de pesquisas na Área Metropolitana de São Paulo”. Nesta ocasião aponte as dificuldades e limitações do nosso laboratório na Universidade e, diante do potencial daquela instituição, encarei a necessidade da mesma vir a interessar-se, pois ali havia melhores perspectivas de conduzi-las, especialmente na área do conforto térmico.

De nossa parte, malgrado as limitações, tentamos levar a cabo um experimento de um simples transecto pelo centro da cidade, entre o vale do Pinheiros e o maciço da Cantareira. Mas as dificuldades foram, sob variados aspectos, insuperáveis e o plano, organizado por um pós-graduando, resultou abortado. De vez que nosso projeto já dispunha de razoável conhecimento dos tipos de tempo em sucessão habitual – “normais” e “extremos” – na cidade de São Paulo, tentamos experimentar relacioná-los com a qualidade do ar. Mas encontramos má vontade e mesmo sonegação declarada dos dados de qualidade do ar (aliás bem precários naquele final dos anos setenta), o que resultou em novas frustrações. Embora com sérias dificuldades, já se obtivera algum proveito sobre esta temática na cidade do Rio de Janeiro no trabalho pioneiro da tese de doutorado de Lucy Pinto Galego (1972). Voltamo-nos para o terceiro aspecto, aquele dos impactos meteóricos. A metrópole já vinha sendo atacada, de modo crescente e agravante, por inundações causadas por fortíssimos impactos pluviais, sobretudo aguaceiros de verão. Não sendo possível sondar os mecanismos hidrodinâmicos do escoamento – infiltração na área urbanizada –, seria possível tentar, pelo menos, a relação entre o impacto pluvial concentrado e as consequências do fenômeno, cada vez mais frequente,

na desorganização dos espaços urbanos e suas atividades. Na perspectiva sistêmica, seria uma análise de *input-output*. Eu próprio, com auxílio de monitores da graduação, conduzi uma pesquisa relativa à década de sessenta, momento de grande crescimento urbano e abertura de avenidas de fundo de vales, durante a qual o problema foi sensivelmente agravado. Tal pesquisa felizmente chegou a bom termo. Contudo, o volume de dados, a minuciosidade da análise e o acúmulo de material cartográfico obtido resultaria difícil de editar. Contudo, seus resultados foram sumariados numa comunicação apresentada na comissão "Environmental Problems" da UGI (IGU em inglês) no Congresso Internacional de Geografia ocorrido em Tóquio em 1980 e publicado em Moscou (Monteiro, 1984). Ainda em continuação à mesma temática houve uma pesquisa que deu ensejo a uma dissertação de mestrado (Paschoal, 1981) onde o problema das inundações foi centrado na área do Cambuci – Mercado Central da cidade, ampliado o período de análise pelos anos setenta, onde o problema revelou-se agravado. Nesta análise, foi acrescentada uma abordagem sobre a percepção dos habitantes do bairro sobre o problema e as estratégias paliativas utilizadas por eles para enfrentar um problema que se vem agravando, sem soluções.

Embora não se constituindo numa abordagem dirigida diretamente ao "urbano", alguns dos nossos estagiários, pós-graduandos, elaboraram estudos de climas locais "introdutórios" à abordagem dos componentes urbanos, em algumas cidades brasileiras: Campinas, SP (Tavares, 1974); Bauru, SP (Ribeiro, 1975) e Santa Maria, RS (Sartori, 1979). E mais do que estes poucos experimentos não pôde ser feito.

REPERCUSSÃO

A proposta teórica, contudo, não se fechou ao âmbito do laboratório. Muito pelo contrário, ela abriu-se amplamente, desde que evoluiu e cresceu par e passo com o desenvolvimento da disciplina ministrada no curso de pós-graduação, no Departamento de Geografia (FFLCH-USP). Como já foi dito, abriu-se desde o ano letivo de 1971, continuando-se, regularmente, por toda aquela década. Segundo a norma vigente na área de Geografia Física, a disciplina em foco esteve aberta aos interessados de outras áreas universitárias. Assim, ao lado dos estudantes de Geografia, estiveram alguns de Arquitetura-Urbanismo, Paisagismo e até mesmo algumas das áreas de Saúde Pública e Educação Física.

O maior interesse dos pós-graduandos na temática Climatologia Urbana concentrou-se nos anos setenta, segundo se pode verificar pelo número de alunos inscritos naquela disciplina, segundo representação gráfica abaixo (Quadro 3). Salvo em 1973 e 1978, anos letivos em que a disciplina não foi oferecida, percebe-se que o interesse concentrou-se na metade inicial da década, atingindo o seu pique em 1974 (25 alunos).

Quadro 3

USP – FFLCH – DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO
Disciplina: FL – 753 – Climatologia Urbana

			25					
22								
	15				13			
				10				
						3		2
1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979

ano

A partir de 1976, ano da edição da tese, o número de alunos inscritos decaiu. Em parte porque o interesse dos candidatos voltava-se para mais uma área de pesquisa, aquela da Qualidade Ambiental e suas técnicas de análise. Não se deve esquecer que as muitas dificuldades a enfrentar na análise do clima das cidades foi um fator inibidor para prover pesquisas visando dissertações e teses. Mas a temática progredia, despertando interesse entre arquitetos, sobretudo interessados no “conforto térmico”. Assim é que, no ano de 1978, no qual não fora ministrada a disciplina, fui solicitado a realizar palestras e ciclos de conferências para aqueles colegas. Nos dias 10 e 11 de abril daquele ano proferi duas palestras sobre “Clima Urbano” e “Clima e Organização de Espaços de Lazer” num curso de extensão promovido pela recém-criada “Sociedade Brasileira de Arquitetos Paisagistas”. Ainda neste mesmo ano, no mês de junho, ministrei duas aulas sobre o tema “Clima Urbano e Qualidade Ambiental” num curso patrocinado pelo Instituto de Arquitetos do Brasil – Seção de São Paulo.

A difusão e interesse pela temática entre arquitetos progredia. Num evento acadêmico ao qual compareci em Fortaleza, Ceará, no início dos oitenta, pude constatar que a minha proposta teórica já estava sendo aplicada entre arquitetos do Nordeste. Em 1981, um dos meus orientandos, docente na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo na Universidade Federal da Bahia, defendia sua dissertação de Mestrado, calcada num bem-sucedido experimento de correlação entre padrões de uso do solo-edificações urbana e sua influência na temperatura. Caso em que, no âmbito do meu laboratório, aquele colega, com auxílio de seus alunos, conseguiria produzir efetivas medidas termohidrométricas em diferentes pontos da cidade de Salvador (Sampaio, 1981).

As dificuldades e limitações na pesquisa dos climas urbanos no Brasil – uma contribuição capital ao problema mais amplo da “qualidade ambiental urbana” – contrasta, fortemente, com a ênfase que os colegas da Geografia Humana colocam nas questões socioeconômicas.

Em 1984, por solicitação do colega Tim Oke, a quem conhecera no Japão, quando de minha estada como pesquisador visitante na Universidade de Tsukuba (1982/3), preparei um documento (*paper*) apresentado na Technical Conference, promovida pela World Meteorological Organization (WMO), realizado na cidade do México entre 26 e 30 de novembro. Ali procurei dar um balanço mais completo possível, do que havia sido realizado no Brasil a propósito de climas urbanos (Monteiro, 1986).

Felizmente, naquele ano, já havia sido defendida na USP a tese de Magda Lombardo (1984) sobre “A ilha de Calor na Metrópole Paulista”. Decorridos oito anos daquela sugestão por mim feita ao Instituto Nacional de Pesquisas Especiais (dezembro de 1976), surgia o primeiro trabalho de vulto sobre a temática aplicada à grande metrópole nacional. Naquela época a autora estava vinculada àquela instituição, cujos recursos técnicos e de pessoal foram decisivos para a realização da pesquisa. Assim, conectando as ainda escassas medidas pontuais na metrópole com a exploração das imagens de satélites meteorológicos e a aplicação de modelo matemático de espacialização, foi possível obter os primeiros informes sobre a geração da ilha de calor na cidade de São Paulo. O aparato técnico, naquela análise, sobrepôs-se às considerações teóricas emanadas da minha proposta; a julgar pela própria revisão bibliográfica da autora, não se poderá vincular o estudo em foco ao meu referencial teórico. A despeito do sucesso da monografia de Lombardo, o conjunto de trabalhos por mim levantado e apresentado na Conferência do México não ultrapassava, de muito, uma dezena de estudos experimentais. O que ali se revelava era, tão somente, um principiar.

Mas o proveito que pude colher naquele certame *With special regard to Tropical Areas* seria muito importante. Ali estiveram reunidas as maiores autoridades em Climatologia Urbana, numa comunidade composta predominantemente de pesquisadores dos centros mais desenvolvidos do Hemisfério Norte. Apesar da presença de alguns participantes do mundo tropical, de pesquisas de países em esforço de desenvolvimento, era flagrante que as ilações que se poderia extrair sobre as cidades tropicais eram provenientes de pesquisadores do mundo desenvolvido daquele hemisfério.

Tim Oke (1956), em seu artigo introdutório, deixa bem clara a problemática que cerca a *Urban Climatology and the Tropical City*. Uma das maiores metas da conferência em dedicar *special regards* às áreas tropicais, onde ocorre uma enorme expansão dos aglomerados urbanos, visava *to ensure that the rapidly expanding cities of the Developing World incorporate climatological concerns in their design*.

O próprio encontro deixaria bem claras as diferenças de possibilidades de abordagem climatológica das cidades dos países desenvolvidos e em desenvolvimento. Daí emanam duas razões capitais. De um lado a rapidez faz com que o espontâneo (não planejado, ilegal) supere, de muito, o projetado (legal, normativo). Por outro lado a enorme carga dos problemas sociais e a precariedade dos recursos à pesquisa representam sérios entraves a uma investigação que requer aparelhagem e técnicas muitas vezes (para não dizer sempre) fora do nível de prioridade das agências financiadoras de pesquisas. Daí o fato de, no Brasil, até aquela época, a Geografia, embora muito voltada para o fato urbano, ser movida pelos viezes econômicos e sociais, deixando em plano inferior (quando não descartando) aqueles ambientais.

Após a Conferência da WMO na Cidade do México, ampliada a minha conscientização do problema e diante da lentidão da aceitação de minha proposta pelos geógrafos brasileiros, fiquei persuadido de que era imperioso fomentar as investigações sobre as condições climáticas das cidades brasileiras, ainda que estes estudos tivessem que ser levados a cabo com aparelhagem técnica precária. Parecia-me que era urgente colher os primeiros frutos pelos quais se poderia demonstrar a importância do problema e, quem sabe, alcançar credenciamento e recursos para estudos mais adequados.

E assim, no final dos anos oitenta (os últimos de minha atuação na USP) o trabalho no Laboratório de Climatologia, com a valiosa colaboração do colega Dr. José Roberto Tarifa, mobilizou esforços para recuperar o atraso. Com a criatividade e habilidade do Dr. Tarifa em implantar estratégias materiais de observação meteorológica intraurbana de baixo custo, procuramos criar condições mínimas de pesquisa para os estudos de Climatologia Urbana. Consumada minha

aposentadoria na USP (março de 1987), mas ainda colaborando nos programas de pós-graduação nas Universidades Federais de Santa Catarina e Minas Gerais, no meu plano pessoal de trabalho, inclui o propósito de escrever uma série de artigos em “reforço” aos estudos do clima de nossas cidades.

Graças à acolhida da revista GEOSUL, publicada pelo Departamento de Geociências do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da UFSC, que em seu número 9 (1990) publicou um conjunto de quatro artigos, uma resenha e uma entrevista, consubstanciou-se aquele meu esforço em estimular estudos do clima das cidades médias e pequenas do Brasil, malgrado as limitações na aparelhagem de mensuração.

Ao iniciar-se a década de noventa, principiaram a aparecer, na Geografia, os primeiros e bem elaborados estudos de Climatologia Urbana, vinculados à minha proposta teórica. De 1975 a 1991 havia decorrido exatos dezesseis anos. Embora ciente de que aquelas ideias vinham sendo consideradas por arquitetos urbanistas, faltava-me a sensação de constar que elas haviam repercutido no seio de minha própria comunidade profissional. As contribuições de Gonçalves (1991); Mendonça (1995); Brandão (1996) e Danni-Oliveira (2000) viriam a ser, para mim, motivo de enorme satisfação. Embora não pretenda ter um completo conhecimento da repercussão de minhas propostas no campo da arquitetura-urbanismo, tenho a impressão de que ela culmina na tese, recentemente defendida no doutorado da FAU-USP, da arquiteta Eleonora Sac de Assis (2001). Este conjunto de monografias (compõem a parte II desta obra) “vincula-se” às minhas ideias, mas, com a devida postura crítica e um sensível aprimoramento nas condições técnicas de mensuração. Um dos maiores motivos de satisfação a que me posso dar o luxo de fruir neste momento repousa na constatação de que o elo comum não se mantém passivamente, mas “avançando” as minhas sugestões. Eles também demonstram, em diferentes graus de intensidade – função mesma das realidades por eles abordadas – que o tratamento sistêmico, segundo o modelo por mim sugerido, efetiva a vinculação cibernética de *aplicação prática*, pelos subsídios que oferecem às correções de erros e planejamento de melhoria na qualidade de vida de nossas cidades.

Mas o interesse atual nos estudos de climatologia urbana não se encerra nestas grandes monografias sob o status de teses de doutoramento. Quando, após dois anos de trabalho no Japão, compareci ao Seminário de Climatologia Geográfica, realizado na cidade de Salvador em outubro de 1998, tive a grata surpresa de encontrar trinta e oito comunicações concernentes à temática dos climas urbanos, por geógrafos das diferentes regiões brasileiras.

Assim sendo, sinto-me particularmente feliz em participar da presente coletânea, testemunha de que meu esforço foi efetivamente reforçado por

geógrafos e arquitetos-urbanistas, tomando a minha proposta teórica – com a devida compreensão, postura crítica e avanço – algo de significação para o estudo da cidade brasileira.

Estou certo de que a presente coletânea, coordenada editorialmente pelo jovem e brilhante colega Dr. Francisco de Assis Mendonça, vem agora, enriquecida pela aplicação prática do conjunto de teses aqui resenhadas, oferecer condições reais de avaliação de minha proposta teórica esboçada em 1975. Como também virá demonstrar um avanço considerável na contribuição brasileira no campo da Climatologia Urbana, quando confrontado com aquele acanhado balanço que realizei em 1984, para a Conferência Técnica da WMO, na Cidade do México.

NOTAS

1. A propósito de “espaço-fase” este tema foi abordado, em maior profundidade, no Cap. IV do *Clima e excepcionalismo* (Monteiro, 1991).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASHBY, W. R. *Uma introdução à cibernética*. São Paulo, Editora Perspectiva, Editora Universidade de São Paulo, 1970.
- BERRY, B. J. L. Research Frontier in Urban Geography. In: Hauser & Schnore – *The Study of Urbanization*. 1965.
- _____. Deliberate change in spatial systems: goals, strategies and their evaluation. *The South African Geographical Journal*, v. 54. 1972.
- _____. Um paradigma para a moderna geografia. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, 34 (3), 1972.
- BERTALANFFY, L. von. The Theory of Open Systems in Physics and Biology. *Science*, n. 111, 1950.
- _____. Écologie de l'espace géographique: recherches pour une “science du paysage”. *Bull. Soc. de Biogéogr.* 1970.
- _____. General Systems Theory : a new approach unity of Science. *Humanbiology*, n. 23. 1951.
- _____. *Teoria Geral dos Sistemas*. Trad. Francisco M. Guimarães. Petrópolis, Vozes, 1973.
- BERTRAND, G. Paysage et géographie phisique globale: esquisse méthodologique. *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 1968.
- CARNAP, R. *The methodological character of theoretical concepts*. In: FEIGL & SCRIVEN'S, ed. Minnesota studies in the philosophy of science. 1956.
- CHANDLER, T. J. *The climate of London*. London, Hutchinson University Library Publishers. 1965.

- _____. Urban climates: inventory and prospects. In: W.M.O., *Symposium on urban climates and building climatology*. Brussels, 1968.
- DANSEREAU, P. *Challenge for survival: Land, air and water for man in Megalopolis*. New York, Columbia University Press, 1978.
- GEIGER, R. *The climate near the ground*. Translation by STEWART, M. N. et al. of the 2nd. German Edition. Harvard University Press, Cambridge, Mass, 1950.
- HANN, J. *Handbook of climatology*. New York, Macmillan, 1903.
- HARVEY, D. *Explanation in Geography*. Edward Arnold Publishers. London, 1969.
- _____. *Social justice and the city*. Edward Arnold Publishers. London, 1973.
- KOESTLER, A. Beyond Atomism and Holism: The concept of Holon. In: KOESTLER, A. & SMITHIES, R.S. (eds.). *Beyond Reductionism: The ALPBACH Symposium*. London, Hutchinson, 1971.
- LANDSBERG, H. E. The climate of towns. In: THOMAS, W. E., *ecMan's role in changing the face of earth*. The WennerGren Foundation Anthropological Research. The University of Chicago Press, 1956.
- _____. City air – better or worse? In: U.S. Public health Service. Taft Sanitary Eng. Center. *Symposium: Air Over cities*, 1962.
- _____. Climates and Urban Planning. In: W.M.O.'s *Urban Climates*. WMO Publication n. 254. Geneva, 1969.
- McHARG, I. L. *Design with nature*. Published by the American Museum of Natural History. New York, Doubleday & Company, Inc. Garden City, 1969.
- _____. The place of nature in the city of man. In: DANSEREAU, P. *Challenge for survival*. New York, Columbia University Press, 1970.
- MONTEIRO, C.A. de F. *A dinâmica climática e as chuvas do estado de São Paulo*. São Paulo, Instituto de Geografia da USP, 1973.
- _____. A frente polar atlântica e as chuvas de invernos na fachada sul-oriental do Brasil. São Paulo, Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo. *Série Teses e Monografias n. 1*, 1969.
- _____. Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um Programa de Trabalho. *Climatologia n. 1*, São Paulo, instituto de Geografia da USP, 1969.
- _____. *Clima e excepcionalismo*. Conjecturas sobre o Desempenho da atmosfera como Fenômeno Geográfico. Florianópolis, Editora da UFSC, 1991.
- _____. Da necessidade de um caráter genético à classificação climática. (Algumas considerações metodológicas a propósito do estudo do Brasil Meridional) *Revista Geográfica*, XXXI (57), 1962.
- _____. Environmental Problems in São Paulo Metropolitan Area: the role of Urban Climate will special focus for flooding in Problems of the Environment in Urbanized Regions – *Proceedings of the Symposium of the IGU Commission on Environmental Problems* – Tokyo, 1980. Unesco, 1984.
- _____. O clima da região Sul. In: *Geografia Regional do Brasil*. Região Sul. v. IV. Tomo I, Cap. III. Rio de Janeiro, Biblioteca Geográfica Brasileira. IBGE/ Conselho Nacional de Geografia, 1962.
- _____. Sobre a análise geográfica de sequências de cartas de tempo. *Revista Geográfica*, XXXII (58), 1963.
- _____. Sobre um índice de participação das massas de ar e suas possibilidades de aplicação à classificação climática. *Revista Geográfica*, n. 61, XXXIII, (61) 2^o semestre. Rio de Janeiro, IPGH., 1963.

- _____. Some Aspects of Urban Climates in Tropical South America: The Brazilian Contribution. In *Proceedings of the Technical Conference on Urban Climatology and Application with Special Regard to Tropical Areas*. – México City, 1984.
- _____. Teoria e Clima Urbano. Série "Teses e Monografias" n. 25. São Paulo, Instituto de Geografia da USP, 1996.
- OKE, T. Urban Climatology and the Tropical City: An introduction. In *Proceedings of the Technical Conference on Urban Climatology and its Applications with Special Regard to Tropical Areas*. Mexico City, D.F, 1984. WMO Publication – n. 652. Geneva, WMO, 1986.
- PASCHOAL, Wanda. *As inundações no Cambuci, bairro de São Paulo*. (Mimeografado) Dep. de Geografia da FFLCH-USP, 1981.
- PEDELABORDE, P. *Le climat du Bassin Parisien: Essai d'une méthode rationnelle de Climatologie Physique*. Paris, Editions M. Th. Génin, 1956.
- _____. *Introduction à l'étude scientifique du climat*. Centre de Documentation Cartographique de l'Institut de Géographie de la Sorbonne. 2 tomes. Centre de Documentation Universitaire, Paris, 1956.
- RIBEIRO, A. G. *O consumo d'água em Bauru, SP. Tempo cronológico e tempo meteorológico aplicados na elaboração de subsídios à previsão de demanda de água*. (Mimeografado). Departamento de Geografia, FFLCH, USP, 1973.
- SARTORI, M.G.B. *O Clima de Santa Maria, RS: Do Regional ao Urbano*. (Mimeografado) Departamento de Geografia. FFLCH – USP). São Paulo, USP, 1979.
- SERRA, A. *Meteorologia do Nordeste Brasileiro*. IBGE, Conselho Nacional de Geografia, Rio de Janeiro, 1945.
- _____. Circulação superior. *Revista Brasileira de Geografia* 15(4); 16(1). IBGE, Rio de Janeiro, Conselho Nacional de Geografia, 1953/54.
- _____. Previsão do tempo. *Boletim Geográfico*, 6(68). IBGE, Rio de Janeiro, Conselho Nacional de Geografia, 1948.
- SERRA, A. & RATISBONNA, L. *Massas de ar na América do Sul*. Serviço de Meteorologia, Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro, 1942.
- _____. Ondas de frio na Bacia Amazônica. Serviço de Meteorologia, Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura. Transcrito no *Bol. Geográfico*, 26 (III). IBGE, Conselho Nacional de Geografia, 1945.
- TAVARES, A.C. *O Clima local de Campinas (Uma introdução ao estudo do clima urbano)*. São Paulo, Departamento de Geografia da FFLCH-USP, 1975.
- THOMAS, W.E. *Man's role in changing the face of earth*. Chicago, Ill. The Wenner-Gren Foundation for Antropological Research and National Science Foundation University of Chicago Press. 1956.
- THORNTHWAITE, C.W. *Topoclimatology*. The Johns Hopkins Univ. Labor. of Climate. Seabrook, 1953.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. *Symposium on urban climates and building climatology*. Brussels, Belgium, 1968.
- _____. *Urban climates*. Publication 254. Geneva, 1968. *Selected papers on Meteorology as related to the human environment*. Special Environmental Report n. 2. Publication n. 312. Geneva, 1971.
- _____. *Proceeding of the Conference on Urban Climatology and Applications with Special Regard to Tropical Areas* (Mexico City, novembro 1984). Geneve, 1986.

IMPACTOS PLUVIAIS E DESORGANIZAÇÃO DO ESPAÇO URBANO EM SALVADOR¹

Neyde Maria Santos Gonçalves²

No mundo atual, em que pesem o grande avanço tecnológico e os esforços para o conhecimento das forças da natureza, as sociedades permanecem, ainda, bastante vulneráveis e parecem tornar-se cada vez mais indefesas diante de “eventos naturais extremos”, particularmente aqueles de origem meteorológica, hidrológica e geológica. Embora possa parecer um paradoxo, evidencia-se, entretanto, que à medida em que a população do planeta cresce numa progressão geométrica e que a ocupação se faz em áreas cada vez mais extensas, também aumentam a chance e o risco diante de tais eventos. Quaisquer que sejam suas origens e onde quer que ocorram, têm uma característica comum: acarretam grandes perdas e prejuízos às economias nacionais e às populações afetadas.

No Brasil, os de maior repercussão nas atividades humanas são de natureza climática: fenômenos relacionados às variações bruscas de temperatura, como as geadas que ocorrem nas regiões Sul e Sudeste trazem efeitos altamente negativos para a economia agrícola, enquanto que aqueles ligados às oscilações hídricas, ou seja, a episódios pluviais extremos negativos e positivos (secas e enchentes) são os mais significativos e constituem insumos, por excelência, de calamidades que causam verdadeiro impacto no meio ambiente bem como na vida social e econômica do país.

Embora sejam fenômenos de ordem natural ocasionados pelas disritmias dos sistemas meteorológicos, a ação antrópica interferindo ao longo do tempo, tanto nas áreas urbanas quanto nas áreas rurais, tem contribuído, consideravelmente, para sua maior frequência, agressividade e expansão areolar.

As áreas urbanas e metropolitanas são, particularmente, mais afetadas porque correspondem aos segmentos da superfície terrestre mais intensamente transformados. A atividade humana nestas áreas, principalmente através do tratamento incorreto dos recursos naturais, produz quase sempre inadequada artificialização, altera o ambiente local e cria uma vulnerabilidade maior em relação aos eventos do sistema natural que, na maioria das vezes, não são de grande magnitude. Como um circuito alimentado positivamente, a vulnerabilidade aumenta e, conseqüentemente, aumenta a capacidade de a população absorver seus efeitos.

A complexidade das interações entre as atividades humanas e o ambiente cresce, portanto, na medida em que atualmente o processo de urbanização avança cada vez mais no mundo de hoje. As transformações ocorridas na natureza e a atuação dos mecanismos que lhe são peculiares são capazes de, em circuitos contínuos de *feedback* positivos e negativos, gerar novas situações e processos cada vez mais complexos, forçando a novas adaptações ou ajustamentos da sociedade, e com elas, posteriores repercussões ambientais (Detwyler e Marcus, 1972, Titarelli, 1972 e Schmid, 1974).

Tudo isto tem reflexos profundos sobre a qualidade de vida das populações, uma vez que o equipamento urbano é escasso, muitas vezes inadequado, e o poder público não tem recursos suficientes para ampliá-lo. Em síntese, a cidade deve oferecer serviços urbanos básicos sem ter a oportunidade de adaptar seu equipamento para este fim; ou ainda, os sistemas de equipamento urbano devem ser operados para suprir as necessidades de uma população que não pode pagar por eles.

A cidade de Salvador, capital do estado da Bahia, sem dúvida, insere-se neste contexto. Com uma população de quase 2 milhões e meio de habitantes³, é a terceira cidade mais populosa do país. Sua região metropolitana ocupa o sexto lugar em relação às demais.

A beleza de sua paisagem e os esforços que têm sido feitos na melhoria dos equipamentos necessários para torná-la um dos polos de atração turística mais importantes da região Nordeste e do país não a isentam de apresentar problemas socioeconômicos de grande envergadura que se manifestam, principalmente, na pressão sobre o solo urbano e na escassez de recursos para a execução de políticas adequadas de desenvolvimento. A maioria de sua população vive, ainda, em estado de pobreza e as condições de infraestrutura, sobretudo saneamento básico⁴, são deficientes, com reflexos sensíveis sobre a qualidade ambiental.

Situada na faixa litorânea do estado da Bahia, à altura do paralelo de 13° de latitude sul, vincula-se aos mecanismos de circulação atmosférica que atuam no litoral oriental da Região Nordeste. Seu relevo com altitudes modestas aliado a sua posição singular, entre a Baía de Todos os Santos e o Atlântico, localizados a oeste e a leste, respectivamente, conferem-lhe particularidades no clima local.

Esta situação geográfica assegura-lhe um regime de ventos oriundos do quadrante leste, com maior participação daqueles de sudeste (60%), de velocidades moderadas. Garante-lhe, também, abundância de chuvas concentradas no período outono-inverno, sob a ação de mecanismos frontais mais ativos, sem a individualização de período seco.

Sua posição latitudinal expõe-na a um balanço térmico positivo permanente e suas médias compensadas anuais, relativamente elevadas, são atenuadas pela influência moderadora dos ventos alísios que sopram, regularmente, no litoral. A amplitude térmica anual, favorecida pelo efeito de maritimidade, é relativamente baixa, o que atesta a regularidade dos seus índices, no cômputo anual, embora possa ser encontrada certa variabilidade quando se observam os valores absolutos.

Todos esses fatores, de natureza dinâmica e geográfica, contribuem ainda para a ocorrência de um padrão de nebulosidade relativamente alto, o ano todo, favorecendo percentuais médios bastante elevados de umidade relativa e contribuindo para a redução dos índices de evaporação, os quais são sempre inferiores àqueles de precipitação.

A expressão quantitativa destes atributos pode ser obtida através do Quadro 1 (página 72).

O sítio em que se assenta a cidade apresenta uma multiplicidade de elementos topográficos decorrente do alto grau de metamorfismo do suporte geológico (granulitos e metabasitos pré-cambrianos), trabalhado por mecanismos morfogenéticos típicos de climas tropicais úmidos pretéritos e atuais. Suas feições estruturais, relacionadas à tectônica que deu origem à Bacia do Recôncavo, caracterizam-se pela grande falha de Salvador, cuja escarpa abrupta separa a cidade em dois planos altimétricos (a Cidade Alta e a Cidade Baixa) e por falhamentos secundários que favoreceram e guiaram a instalação e a direção da rede de drenagem local.

As feições morfológicas resultantes são bastante variadas e apresentam-se sob a forma de espigões, morros mamelonizados e colinas entremeados por vales de aspectos diversos, podendo-se individualizar na paisagem urbana os seguintes compartimentos topomorfológicos principais: a escarpa de falha, com

Quadro 1
SALVADOR – BAHIA. ATRIBUTOS INDICADORES DO CLIMA LOCAL. 1904/1989

Atributos Climáticos	Características			
	Indicadores	Anual	Janeiro	Julho
Térmicos (°C)	Média compensada	25.1	26.2	23.4
	Amplitude média	2.8	-	-
	Média das máximas	28.2	30.0	26.1
	Média das mínimas	22.4	23.4	21.1
	Máxima absoluta (08/12/1958)	35.3	-	-
Pluviais (mm)	Mínima absoluta (27/07/1951 e 04/10/1956)	17.7		
	Total anual: 1.921.6			
	Número de dias de chuva: 217			
	Ocorrência sazonal de máxima pluviosidade: outono/inverno			
	Trimestre mais chuvoso: abril/maio/junho			
Hídricos (mm) ⁽¹⁾	Trimestre menos chuvoso: agosto/setembro/outubro			
	Índice hídrico: 40 a 20			
	Excedente hídrico anual: 500 a 600			
Umidade relativa (%)	Deficiência hídrica anual: 50 a 100			
		81	80	81
	Evaporação (mm)	1.045,9	97	88
	Insolação (horas e dias)	2.607,6	254,1	193
	Nebulosidade (0-10)	5,4	5,0	6,0
Pressão (mb)		1.009,4	1.007,4	1.013,1
	Ventos (direção/velocidade - m/seg.)	(E) 2,8	(SE) 3,2	
Tipologia climática ⁽²⁾	(SE) 3.0			
	Clima tropical úmido, sem estação seca definida			

⁽¹⁾Segundo Bahia – SEPLANTEC/CEPLAB (1978), referente ao período 1945/70.

⁽²⁾Segundo Gonçalves e Souza (1978).

Calculado e organizado por Neyde Gonçalves (1992) a partir dos dados da Estação Meteorológica de Ondina (INMET) situada a 13°01' latitude sul e 38°31' longitude oeste.

altitude média de 60 a 80 metros, de aspecto contínuo e direção SSW/NNE; o planalto, profundamente dissecado, que corresponde ao chamado “Alto de Salvador”; a faixa intermediária de morros entre o planalto e a planície litorânea oceânica; o sistema de vales onde se instalaram, modernamente, as avenidas que integram o sistema viário da cidade; a planície litorânea nos seus dois aspectos: a da Cidade Baixa na orla da Baía de Todos os Santos e a da orla oceânica (Ab’Saber, 1960, Peixoto, 1968, Almeida, 1978, Menezes et al., 1978, Salvador, PMS., Gesec, 1981).

Ao longo de sua evolução histórica, Salvador tem passado por diversas fases de expansão que implicaram em sérias mudanças na sua estrutura econômica, social e física, impulsionadas por fatores de ordem nacional, regional e local (Santos, 1959, Neves, 1985, Silva, 1989). De ritmo relativamente lento desde sua fundação até meados do século XX, a dinâmica da ocupação do espaço, a partir do final dos anos 60, passa a se processar de forma acelerada e intensiva, gerando problemas e, conseqüentemente, desafios às suas possíveis soluções.

Condicionada pelas peculiaridades do seu sítio, que até hoje pesam e agravam seus problemas, a cidade se estruturou, ocupando de modo gradual e sucessivo, as cumeadas, as encostas e os vales, num processo que, longe de se caracterizar como racional e planejado, tem sido, basicamente, desordenado e discriminatório. Assim, de cidade fortaleza, tal como foi implantada pelos portugueses em 1549, Salvador desenvolveu-se como centro portuário, comercial e administrativo, posteriormente evoluindo e se consolidando como metrópole regional, ampliando consideravelmente o seu espaço. O processo diacrônico de ocupação respaldou-se, portanto, em circunstâncias históricas e geoecológicas, integrando transformações conjunturais de ordem econômica e social.

Quem quer que se dedique à pesquisa de fatos históricos que marcaram a cidade desde sua fundação, há de encontrar relatos, mesmo que esparsos, a respeito de deslizamentos de terras nas encostas, quase sempre acompanhados de desabamentos de casas nelas situadas e, não raro, com perdas materiais e de vidas humanas (Accioli, 1919, Azevedo, 1949, Silva, 1953, Vilhena, 1969, Gordilho, 1978 e Simas Filho et al., 1978). Todos os registros encontrados estão relacionados a episódios de chuvas intensas e/ou concentradas – na realidade, os agentes efetivos e imediatos causadores do problema, vinculados a um conjunto complexo e interativo de fatores do qual participam o homem e a natureza –, abalaram e consternaram a cidade a ponto de causarem “estado de calamidade pública”.

De um lado, a impermeabilização crescente e progressiva do solo prejudica o escoamento areolar, não tendo a rede de captação de águas pluviais capacidade suficiente para escoar, de modo rápido, o grande volume de água que se acumula nos vales e baixadas. Ocorrem então os alagamentos e/ou

inundações com a série de problemas que lhes são característicos: dificuldades de circulação, congestionamento de tráfego e consequentes atrasos nos deslocamentos, prejuízos materiais, afogamentos, desabamentos e um grande número de desabrigados.

De outro lado, a ocupação desordenada das encostas, sobretudo aquelas de maior inclinação, e a consequente retirada da cobertura vegetal intensificam os processos erosivos dando origem a escorregamentos e desmoronamentos, arrastando grande volume de terra, provocando os desabamentos das habitações da população mais pobre e deixando um grande número de desabrigados, quase sempre com vítimas fatais.

Estudar e analisar estes problemas, dentro de uma abordagem geográfica, foi o objetivo da pesquisa realizada, visando contribuir para o conhecimento dos impactos pluviais e suas repercussões nas áreas urbanas bem como fornecer subsídios aos estudos dos acidentes climáticos e, particularmente, dos climas urbanos das regiões tropicais.

Esta perspectiva que, a partir do referencial teórico, norteou o encaminhamento metodológico da análise, teve como objetivos específicos: analisar os eventos decorrentes dos “episódios pluviais concentrados” em Salvador, sua frequência, magnitude e distribuição temporoespacial; evidenciar o caráter histórico do problema e sua relação com a marcha de ocupação e consequente expansão do espaço urbano; analisar a complexidade dos fatos envolvidos em que pesam variáveis geológicas, socioeconômicas e político-administrativas.

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE OS ACIDENTES NATURAIS E O CLIMA URBANO

Expressando-se como insumo energético oriundo da atmosfera, a chuva, na sua maior ou menor escala de intensidade, assume a condição de impacto na medida em que atua sobre um espaço mais adaptado pelo homem, nele interferindo com diversos graus de significância em função da sua vulnerabilidade.

Neste sentido, os episódios pluviais concentrados foram enfocados, sob dois aspectos teórico-conceituais distintos, porém, intimamente relacionados, dentro de uma perspectiva geográfica voltada para os problemas de qualidade ambiental: os acidentes naturais (*natural hazards*) e o clima urbano. Buscou-se, com esta abordagem, analisar o problema do ponto de vista do seu grau de

repercussão no espaço urbano em função dos efeitos oriundos das disritmias da sequência normal dos diversos sistemas meteorológicos atuantes.

OS ACIDENTES NATURAIS

Os acidentes naturais apresentam-se sob a mais variada escala de intensidade. Os chamados fenômenos normais – aqueles que não se afastam significativamente da média – ocorrem em alta frequência, cotidianamente, e o homem, de modo geral, a eles se adapta ou se ajusta naturalmente. Existem, porém, fenômenos de grande intensidade que, periodicamente ou ocasionalmente, acarretam grandes danos nas áreas de incidência ocupadas pelas atividades humanas (White, 1974). Aqueles mais frequentes, segundo este autor, são avalanches (de neve), ressacas, seca, terremotos, enchentes, nevoeiros, geadas, granizos, desmoronamentos/escorregamentos de vertentes, descargas elétricas, nevascas, tornados, ciclones tropicais, vulcanismos e vendavais, na grande maioria relacionados aos fenômenos atmosféricos. Monteiro (1991) acrescenta a esta relação os eventos ligados aos “impactos pluviais concentrados”, que afetam os domínios intertropicais sem estar ligados aos chamados “ciclones tropicais”.

Quando estes eventos se tornam perigosos para o homem, são chamados riscos ou azares naturais⁵. Portanto, um evento extremo torna-se um risco quando supera a capacidade material de determinada organização social para absorver, amortizar ou evitar seus efeitos negativos. Tal situação pode ser desencadeada não só pelo evento extremo, mas, também, pelo evento normal, e é este fato que determina o grau de vulnerabilidade da sociedade em questão.

O risco, ou seja, a possibilidade de ocorrência do fenômeno, está ligado à capacidade de determinada sociedade prever um evento natural cíclico e de a ele ajustar-se, em função do conhecimento de seus parâmetros: frequência, intensidade, duração, recorrência etc., uma vez que os eventos extremos podem ser atenuados, controlados, mas dificilmente evitados.

Se os “eventos extremos ou acidentais” assumem características excepcionais – afetando um ou mais setores produtivos e impondo graves danos à infraestrutura física e de serviços, tornando críticas as condições de vida de amplos setores da população afetada – temos as chamadas catástrofes ou desastres naturais. A caracterização das catástrofes pressupõe que a ocorrência dos eventos extremos possua repercussões socioespaciais, havendo, portanto, uma relação entre a magnitude do evento, os parâmetros socioeconômicos e a vulnerabilidade dos sistemas envolvidos (White, 1974; Burton et al., 1978; Monteiro, 1978, 1980, 1991; Garcia, 1981; Herzer e Caputo, 1987).

O processo de urbanização é bastante significativo em termos de modificação do clima na escala local. A materialidade física da cidade e as atividades dela decorrentes promovem alterações nos balanços energético, térmico e hídrico resultantes, trazendo como consequência modificações importantes nas propriedades físicas e químicas da atmosfera, propiciando, assim, a criação de condições climáticas distintas das áreas não urbanizadas.

Assim, como resultado do jogo de relações entre os componentes verticais que incidem sobre determinado local, incluindo o próprio processo de entrada da energia solar, e os componentes horizontais que condicionam a sucessão habitual dos tipos de tempo, o clima urbano surge como a maior expressão de poder de decisão do homem sobre as características atmosféricas e ecológicas de um lugar. Os vetores fundamentais para sua geração são, pois, o sítio, a morfologia urbana e a função urbana, constituindo um dos parâmetros mais importantes de análise da qualidade ambiental urbana, imprescindível aos estudos de planejamento das cidades (Monteiro, 1976, 1990).

Uma das mais antigas referências sobre as preocupações com a modificação da atmosfera nas cidades data de 1661: a proposição de Sir John Evelyn de que fosse criado um cinturão verde com espécies aromáticas para purificar o ar fumarento e já nocivo de Londres (Mumford, 1956). Entretanto, a literatura científica sobre o clima urbano é relativamente recente e surgiu, no século XIX, com a preocupação de detectar as evidências de alterações dos elementos climáticos entre a cidade e seus arredores. Destacam-se, entre outros, os trabalhos pioneiros de Howard (1818, 1833) e, posteriormente, já no século XX, Landsberg (1956) e Chandler (1965), alcançando grande desenvolvimento, no final dos anos 60, com a eclosão da questão ambiental (Oke, 1974 e Monteiro, 1976). A maioria refere-se às cidades da Europa, América do Norte e, mais recentemente, do Japão, priorizando as análises na pesquisa meteorológica e climatológica (Goldreich, 1984), cuja grande ênfase tem sido dada ao campo da poluição atmosférica e das ilhas de calor.

Nas regiões tropicais, as investigações são ainda mais recentes e objetivaram, inicialmente, estabelecer comparações entre as características observadas nas cidades das baixas e médias latitudes. A produção é ainda, relativamente, escassa e se deve à insuficiência de recursos financeiros e, conseqüentemente, dos equipamentos para a pesquisa, além da deficiente rede de observação meteorológica necessária a este tipo de análise (Jauregui, 1984, Oke, 1984).

No Brasil eles datam, aproximadamente, da mesma época, como uma decorrência natural da crise ambiental que começou a afetar suas grandes

idades, a partir da década de 60, sobretudo a cidade de São Paulo com seus graves problemas de poluição do ar e inundações. O fomento à pesquisa nesta área do conhecimento se deve a Monteiro, através do seu trabalho *Teoria e Clima Urbano* (1976), uma proposta de teorização e de uma nova abordagem metodológica para o estudo do clima urbano, adaptada às necessidades da realidade brasileira. Considera o autor que “os tratamentos natural e social integrados constituem a base da compreensão dos estudos geográficos” e busca, na sua proposta, ver na cidade “não um antagonismo entre o homem e a natureza mas uma coparticipação”. Opta, assim, por uma abordagem sistêmica e define o clima urbano como um “Sistema Singular”, abrangendo um fato natural (clima local) e um fato social (a cidade), analisado através de canais de percepção humana.

Desta maneira, as variáveis que se sobressaem nos climas urbanos, tais como ilhas de calor, poluição atmosférica e inundações no espaço urbano, são analisadas, respectivamente, através de canais abstratos – conforto térmico, qualidade do ar e impacto meteórico – os quais definem os subsistemas fundamentais ao Sistema Clima Urbano (Termodinâmico, Físico-Químico e Hidrodinâmico) que atuam no complexo energético (Monteiro, 1976).

Um balanço da contribuição brasileira à climatologia urbana, elaborado por Monteiro (1984), evidenciou que a maioria dos trabalhos produzidos, entre 1972-1984, foram realizados dentro de uma concepção geográfica.

Especificidades da análise da precipitação pluviométrica nos climas urbanos

Os estudos sobre a precipitação pluviométrica, no âmbito da climatologia urbana, têm se reportado, em sua maioria, às análises dos efeitos urbanos como causas do aumento verificado nos seus índices, quando comparados com as áreas rurais circundantes.

As dificuldades encontradas, pela deficiência do número de estações meteorológicas com registros históricos e pela amostragem relativamente pouco precisa dos pluviômetros, além da própria natureza descontínua da precipitação, fazem com que se torne difícil muitas vezes separar a influência de localização da cidade e das características do seu sítio em relação aos seus próprios efeitos. Por sua vez, as áreas rurais não constituem superfícies intocadas no seu estado natural primitivo. Apesar disto, tem-se constatado que, de modo geral, as atividades urbanas geram uma grande abundância de núcleos de condensação que se refletem no aumento da nebulosidade, da convectividade (em função das ilhas de calor) e, conseqüentemente, da pluviosidade (Chandler 1965; Changnon, 1969; Landsberg, 1970; Bryson

e Ross, 1972; Sanderson et al., 1973; Atkinson, 1971, 1975; Bordreuil, 1977; Sanderson e Gorski, 1978), embora existam algumas opiniões conflitantes (Woolum, 1964; Norwine, 1970).

Os impactos pluviais concentrados e suas repercussões espaciais na cidade de Salvador

ABORDAGEM GEOGRÁFICA

A abordagem geográfica na climatologia e, particularmente, na análise dos impactos pluviais nas áreas urbanas tem sua base teórico-conceitual nos estudos desenvolvidos por Monteiro, tanto em relação ao paradigma da análise rítmica (Monteiro, 1971) quanto em relação ao enfoque sistêmico com que trata o clima urbano (Monteiro, 1976). Os impactos pluviais concentrados e suas repercussões espaciais na cidade de Salvador foram analisados a partir deste sistema conceitual (Sistema Clima Urbano) através do canal de percepção do Impacto Meteorológico (Subsistema Hidrodinâmico), valorizando os episódios anômalos e enquadrando-os na categoria dos “eventos extremos ou acidentais”.

A operacionalização da pesquisa envolveu as seguintes etapas: a análise temporoespacial dos eventos e a análise específica dos episódios considerados “críticos” (*pluvial hazards*).

A dinâmica processual do binômio chuva-eventos foi definida em função das informações existentes, abrangendo o panorama evolutivo dos acidentes pluviais ocorridos e de que se tem notícia, desde a fundação da cidade até o final dos anos 80 (1549-1989), correlacionado com as diversas etapas da expansão urbana; as características climáticas locais e, particularmente, o comportamento das chuvas (regime, variabilidade e intensidade) no período 1904-1989.

A partir do cruzamento dos dados de precipitação diária (mm) com os registros das ocorrências de problemas socioespaciais, foram individualizados 233 episódios comprometidos na produção de eventos desorganizadores do espaço urbano, de intensidades variadas. O segmento temporal utilizado para esta correlação e necessária compatibilização das informações (1904-1989) correspondeu à série cronológica mais antiga dos registros pluviométricos existentes: a da Estação Meteorológica de Ondina (INMET), localizada no bairro de Ondina, no setor sul da cidade. A pesquisa bibliográfica, sobretudo de

natureza histórica, o registro do noticiário dos jornais, as estatísticas do Corpo de Bombeiros e da Coordenação de Defesa Civil (CODESAL) foram de fundamental importância para a identificação dos eventos supracitados.

A análise da variabilidade espacial da precipitação tornou-se praticamente impossível face à ausência de informações. Entretanto tentou-se estabelecer uma comparação com duas outras estações meteorológicas existentes em dois períodos distintos: 1945-1962 para a de Mont Serrat (INMET), localizada na península de Itapagipe (extinta em 1962) e 1961-1986 para a do Aeroporto, localizada no litoral nordeste da cidade.

Imprescindível à análise climática foi a explicação dos mecanismos genéticos de circulação atmosférica atuantes vinculados à posição zonal e regional da cidade. Enfatizou-se, desta maneira, a necessária articulação geográfica entre o local e o regional, ou seja, as relações entre o núcleo (espaço urbanizado) e o ambiente (espaço regional imediato), segundo um dos enunciados básicos do Sistema Clima Urbano (Monteiro, 1976).

A espacialização dos eventos envolveu a análise das características do sítio urbano e de sua ocupação, buscando-se evidenciar as áreas mais críticas, isto é, aquelas de maior vulnerabilidade aos impactos pluviais. As variáveis topografia, morfologia, declividade, drenagem natural, uso do solo e infraestrutura urbana de macro e microdrenagem foram, evidentemente, consideradas, numa tentativa de integração ecológico-urbana, correspondendo à fase de transformação-produção no Sistema Clima Urbano.

A carta topográfica de 1:10.000, elaborada pela Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia (CONDER) serviu de base para o mapeamento da distribuição espacial e da frequência de escorregamentos e inundações na área urbana.

Após um procedimento classificatório, os episódios pluviais identificados anteriormente foram selecionados em função da magnitude dos seus impactos. Analisou-se a intensidade das chuvas diárias (máxima em 24 horas) e horárias (a partir de pluviogramas), correlacionando-a com os eventos resultantes, em termos dos danos causados à população e ao poder público. Tomou-se como base para esta classificação os episódios com intensidades iguais ou superiores a 60 mm, em 24 horas, a partir dos quais se verificaram registros de ocorrência dos eventos mais significativos.

As dificuldades advindas em função do número de variáveis (inundações, escorregamentos, desabamentos, feridos, desabrigados e vítimas fatais) e da própria qualidade das informações obtidas induziram à opção do estabelecimento de pesos, através de uma valoração, possibilitando a análise e os resultados. De acordo com os pontos obtidos, chegou-se à classificação de 132 episódios,

entre os quais distinguiram-se: 102 pequenos, 15 médios e 7 catastróficos. Aqueles mais “críticos” que abalaram a cidade, alguns dos quais considerados de calamidade pública, foram objeto de análise mais detalhada (Gonçalves, 1992).

ANÁLISE E ALGUNS RESULTADOS

O estudo dos impactos pluviais desorganizadores do espaço urbano, em Salvador, através da perspectiva teórica do Sistema Clima Urbano, revelou-se extremamente importante para a compreensão das relações existentes entre o sistema urbano e o sistema geoecológico, ou seja, entre o núcleo (a cidade) e o ambiente.

De modo geral, a problemática ambiental das áreas metropolitanas brasileiras apresenta pontos comuns, ou seja, resulta de questões múltiplas e extremamente inter-relacionadas, entre as quais, o crescimento demográfico acelerado, o problema habitacional, a deficiência de infraestrutura básica, as desigualdades socioeconômicas e a consequente segregação espacial, que repercutem com grande intensidade no ambiente natural.

Em Salvador, a constatação dessas inter-relações é tão clara que chega a ser desconcertante. Em primeiro lugar, suas características de tropicalidade revelam-se através dos atributos climáticos e, particularmente, do regime pluviométrico resultante dos vínculos aos mecanismos atmosféricos intertropicais e extrazonais. A concentração das chuvas no outono-inverno e a intensidade de episódios pluviais concentrados são fatos normais e têm de ser encarados com naturalidade.

Em segundo lugar, as especificidades do seu sítio, desde os primórdios da fundação da cidade e, ainda, até os dias atuais, têm sido de importância fundamental na condução das formas de uso e ocupação do solo.

Em terceiro lugar, o processo acelerado de urbanização, embasado em problemas estruturais nacionais bem mais amplos, gerou formas de ocupação intensiva e desordenada em áreas consideradas de proteção ambiental, ampliou o quadro de pobreza, trazendo graves problemas para a administração e comprometendo a qualidade do ambiente urbanizado: uma deficiência crônica do sistema de infraestrutura em rede, um processo de periferização acentuado e a pauperização das formas de habitação para uma parte considerável da população.

Todos os problemas evidenciados, ao longo da pesquisa, resultaram em algumas constatações, quais sejam:

- A análise diacrônica revelou que os eventos pluviais têm acompanhado o processo de expansão urbana, isto é, têm aumentado concomitantemente com a

incorporação de novos espaços ocupados, sobretudo em áreas consideradas de risco, numa prova evidente da falta de sintonia entre a ação antropogênica e as leis da natureza, afetando, preferencialmente, a camada da população menos favorecida.

- Conquanto os episódios pluviais concentrados sejam os elementos básicos fundamentais e desencadeadores dos eventos que desorganizam o espaço urbano, é preciso considerar as demais variáveis do processo (ambientais, socioeconômicas e político-administrativas). No caso dos escorregamentos, por exemplo, há uma distinção entre aqueles que arrastam grande volume de terra, resultante de processos geomorfológicos mais ativos, e a simples queda de taludes produzida por construções mal consolidadas, de baixo padrão tecnológico, que caracterizam as áreas de “invasões”. A ocorrência constante de desabamentos, sob chuvas menos intensas, revela, portanto, a fragilidade de construção das habitações e, conseqüentemente, o nível de vida da população afetada.

- A análise das características da pluviosidade demonstrou um aumento de 14,9% das médias anuais entre os anos de 1930 e 1989, comparados com os períodos anteriores, bem como dos aguaceiros com intensidades superiores a 40 mm em 24 horas, sem evidências, entretanto, de aumento do número de dias de chuva, revelando a influência das atividades urbanas, já que não se tem constatado modificações no comportamento da atmosfera.

- Apesar da regularidade dos índices médios, é grande a variabilidade interanual e mensal da pluviosidade, com desvios que, embora na sua maioria situem-se entre 5 e 30%, podem atingir, excepcionalmente, níveis superiores a 50%. Os totais extremos da precipitação anual ocorreram na década de 60: o ano de 1964 com 3.437,7 mm, registrando um desvio positivo de 78,9% e o ano de 1961 com 960,0 mm, correspondendo a um desvio negativo de 50,8%.

- O ritmo habitual da distribuição das chuvas, durante o ano, apresenta notáveis irregularidades em função do caráter dinâmico das atuações e/ou intensidades dos mecanismos de circulação atmosférica regional, que se refletem, quantitativamente, nos índices mensais. Os meses de abril e maio, por exemplo, revelaram desvios consideráveis: as médias, em torno de 300 mm, são muitas vezes superadas e/ou não atingidas. Os extremos positivos e negativos, nos referidos meses, ocorreram em 1984 (889,8 mm) e 1932 (32,8 mm), em 1966 (703,7 mm) e 1983 (63,1 mm). Os meses de janeiro e novembro também caracterizam-se por uma grande variabilidade.

- Os eventos de maior repercussão espacial estão relacionados a intensidades de precipitação máxima, em 24 horas, iguais ou superiores a 60 mm, qualquer que seja a época do ano e mesmo em ano de pluviosidade reduzida. Eles são mais frequentes, entretanto, no período de outono-inverno, especialmente nos meses de abril, maio e junho, associados a episódios pluviais

concentrados de duração variável. As inundações ocorrem, naturalmente, a partir das intensidades supracitadas, porém, os escorregamentos são mais efetivos a partir de intensidades de 70 mm, em 24 horas.

- A análise espacial dos eventos revelou a existência de áreas mais vulneráveis no espaço urbano, com problemas crônicos tanto de escorregamentos quanto de inundações, cujos pontos críticos se encontram devidamente cadastrados pela Coordenação de Defesa Civil (CODESAL) e pela Superintendência de Manutenção e Conservação da Cidade (SUMAC), em função da própria rotina de serviço.

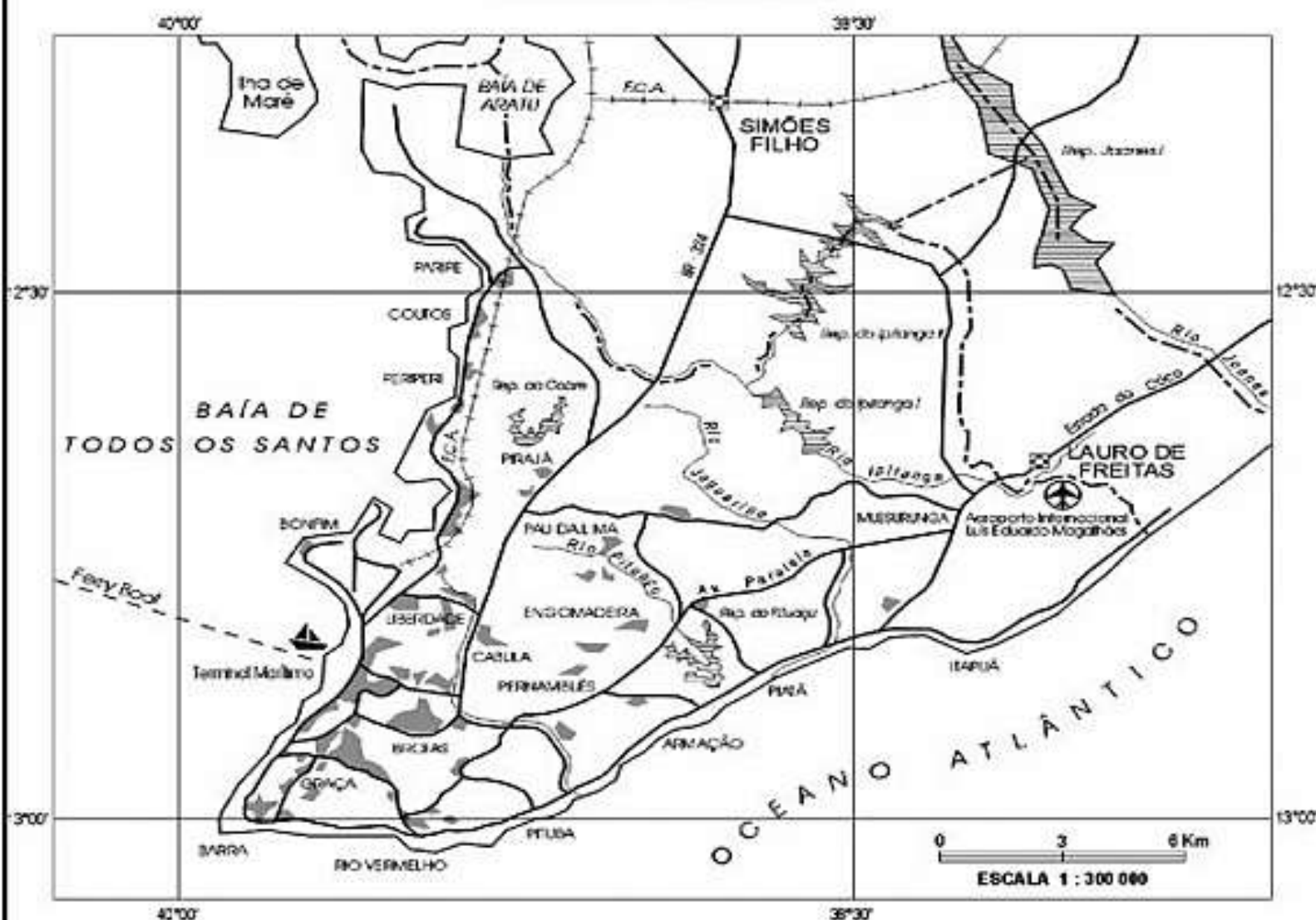
Os escorregamentos ocorrem com mais frequência em declividades da ordem de 14 a 27 graus, preferencialmente na escarpa da falha, correspondendo à área de ocupação mais antiga, numa sequência quase que contínua ao longo do seu alinhamento: um adensamento na área central da cidade, onde ocorreram os eventos mais antigos, e mais recentemente na direção norte, atingindo os subúrbios ferroviários. Este trecho corresponde às áreas densamente ocupadas por habitações de baixo padrão tecnológico e são consideradas de alto risco. Paralelamente ao alinhamento da escarpa de falha, as ocorrências se disseminam por toda a área ocupada nas encostas dos espigões e, particularmente, nos bairros populares mais recentes. Embora mais raras, algumas ocorrências têm sido registradas em bairros de padrão mais elevado (Figura 1).

- As notícias mais antigas sobre episódios pluviais com registros de inundações datam do último quartel do século XIX. As ocorrências começaram a ser registradas com mais frequência a partir do início do século XX, aumentando, consideravelmente, ao longo do processo de ocupação. De modo geral, as áreas onde é mais comum a ocorrência de inundações e/ou alagamentos em Salvador correspondem: às avenidas de vale; às áreas pantanosas e/ou submetidas a aterros; aos loteamentos, públicos e privados, sem um dimensionamento adequado da infraestrutura de drenagem; às planícies aluviais ocupadas indevidamente; às áreas “consideradas críticas decorrentes de problemas de subdimensionamento ou falha técnica de construção do sistema de drenagem existente”; às áreas localizadas próximas de canais e/ou “bocas de lobo”, geralmente obstruídas por carreamento de solo das encostas, assoreamento, lançamento de detritos sólidos e, conseqüentemente, má conservação (Figura 2).

- É importante ressaltar que o grande aumento dos eventos pluviais, registrado entre os anos de 1980-1989, foi constituído, em sua maioria, por episódios de intensidades máximas, em 24 horas, inferiores a 60 mm e mesmo a 40 mm, podendo ser considerados inesperados e, mesmo, surpreendentes, explicados não só pelos problemas sociais anteriormente citados como,

Figura 1

ESCORREGAMENTOS - PERÍODO: 1904 - 1989 CIDADE DO SALVADOR



 Distribuição espacial das ocorrências

Fonte: Jamais

Elaboração: Neyde Gonçalves (1992)

Produção gráfica: Francisco Magalhães

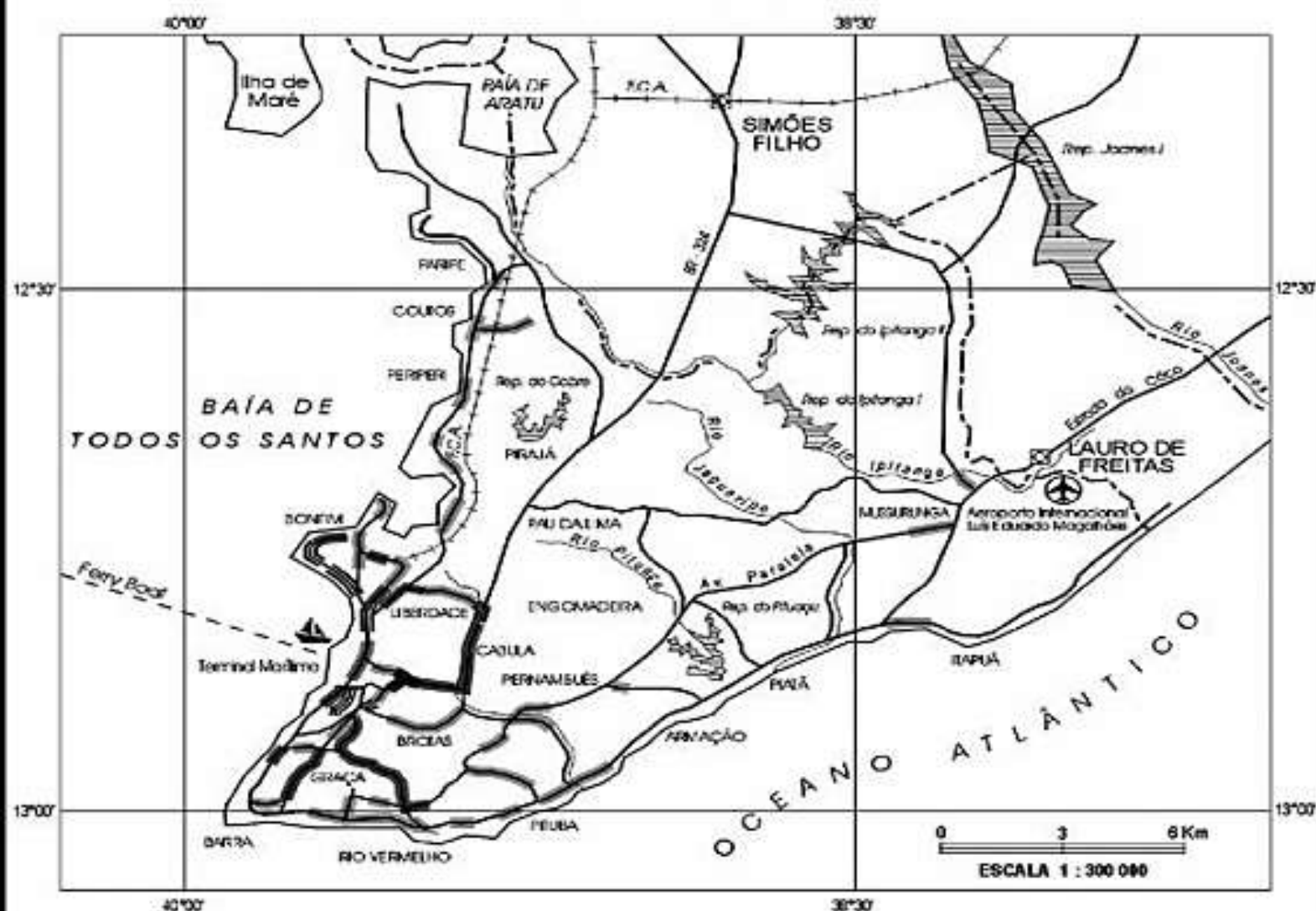
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



também, pela ineficiência administrativa, em termos de manutenção de limpeza do sistema de drenagem de águas pluviais e precariedade do sistema de coleta do lixo. O episódio de maio de 1989, por exemplo, precedido por um período de chuvas intermitentes, desde abril, ocorreu sob intensidade

Figura 2

INUNDAÇÕES - PERÍODO: 1904 - 1989
CIDADE DO SALVADOR



Fonte: Jomais e CODESAI
Elaboração: Neyde Gonçalves (1992)
Produção gráfica: Francisco Magalhães

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



máxima, em 24 horas, inferior a 100 mm (83,5 mm), provocando uma série de escorregamentos e desabamentos generalizados, nos bairros periféricos da cidade, com inúmeras vítimas fatais.

- Não se pode classificar, portanto, todos esses episódios como anormais e/ou excepcionais, salvo aqueles que, a exemplo dos de maio de 1966, abril

de 1971 e junho de 1978, respectivamente com intensidades máximas, em 24 horas, de 208.4 mm, 367.2 mm e 217.5 mm, foram extraordinariamente pesados, com destaque especial para o de abril de 1971 (Figura 3). Entretanto, há sempre uma expectativa de que ocorram, sendo até esperados, sobretudo durante a estação chuvosa, pois são parte integrante da história da cidade e do seu próprio clima urbano. Cabe, portanto, ao poder público se munir das condições necessárias para enfrentá-los, adequando o planejamento e ordenando o espaço urbano em função das peculiaridades do sítio e criando mecanismos capazes de se fazer cumprir, efetivamente, a legislação específica do uso do solo em vigor (Figura 3).

O Quadro 2 apresenta um resumo das principais características dos episódios mais significativos, ou seja, aqueles de maiores repercussões espaciais.

CONCLUSÕES

Atualmente, embora estejam em pauta as questões de natureza ambiental e haja uma consciência maior da sociedade para este fato, as pesquisas sobre os problemas ambientais urbanos estão ainda muito pouco estruturadas e integradas. Tais estudos, pela sua própria complexidade, exigem projetos multidisciplinares abrangendo vários estudiosos para a análise dos diversos processos envolvidos, dentro de um contexto dinâmico e globalizante.

Dentro desta premissa, e guardadas as devidas proporções e limitações, este trabalho procurou evidenciar o impacto de um agente natural sobre um ambiente onde a urbanização se faz de modo rápido e desordenado, aproximando-se, tanto quanto possível, do modelo teórico escolhido. Evidente que algumas análises podem ser ainda aprofundadas, sobretudo aquelas ligadas aos problemas das bacias de drenagem, do grau de impermeabilização do solo e redução de áreas verdes, que seriam extremamente relevantes para o planejamento urbano.

Por outro lado, a análise espacial das chuvas na área urbana e metropolitana de Salvador, de fundamental importância para uma melhor avaliação do seu clima dentro deste enfoque metodológico, só será possível mediante a instalação de uma rede de observação meteorológica, ao menos de natureza termopluiométrica. Esta afirmativa se consubstancia nas diferenças interanuais encontradas entre os índices pluviométricos registrados pelas estações meteorológicas existentes (Mont Serrat, Ondina e Aeroporto) nos períodos concomitantes de observação, particularmente entre as duas últimas. Embora

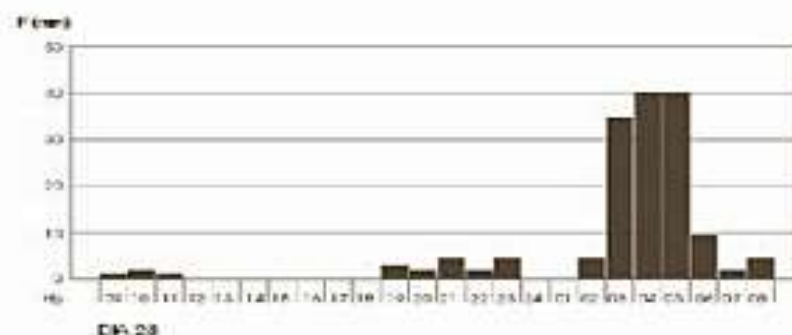
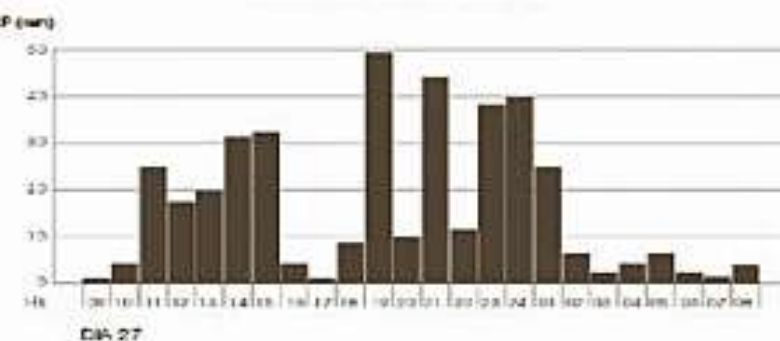
INTENSIDADE DA PRECIPITAÇÃO (mm)
EPISÓDIO (27 DE ABRIL DE 1971)
INTENSIDADES DIÁRIAS



Fonte: CNMET
 Organização: Neyde Gonçalves (1992)

INTENSIDADE DA PRECIPITAÇÃO (mm)
EPISÓDIO (27 DE ABRIL DE 1971)

INTENSIDADES HORÁRIAS



Fonte: CNMET
 Organização: Neyde Gonçalves (1992)

Datas	Intensidades máximas		Duração (n. de dias)		Pluviosidade total do episódio	Bairros locais mais atingidos	N. de inundações	N. de escoregamentos	Consequências socioeconômicas (n. de ocorrências)			
	24h	1h	>100 mm	Total					Desabamentos	Desabrigados	Feridos	Mortos
18/06/1926	96,7	22,4	-	1	96,7	Unhão/Gamboa	1	2	13	20	10	11
03/05/1935	155,4	ñ disp.	1	4	324,7	Beco do Frazão, Av. Candeias (F. Nova)	7	4	30	3.500	17	16
23/03/1964	87,5	50,0	-	1	87,5	Barra, Caminho de Areias e transversais	30	2	6	150	1	10
23/04/1964	84,4	19,5	-	1	84,4	Loxovi (Capelinha de S. Caetano), Av. Angélica (Barbalho)	1	9	6	630	20	19
22/05/1966	208,4	ñ disp.	3	7	523,9	Encostas da Vasco da Gama, Tororó e Túnel Américo Simas	22	9	500	2.000	85	18
09/05/1968	123,5	15,0	1	2	173,4	Bx. do Fiscal, S. Martin, Caminho de Areia e transversais	31	7	10	150	-	6
08/06/1968	81,1	47,0	-	1	81,1	Av. Conceição (Bx. do Fiscal)	1	2	20	100	7	4
20/05/1969	102,3	24,5	1	1	102,3	Av. do Contorno	24	2	41	-	5	15
27/04/1971	367,2	48,0	2	2	514,2	Inundações e escoregamentos generalizados	70	23	1.402	7.000	22	104
18/04/1975	94,3	29,8	-	10	465,0	S. Martin, Retiro, Jd. Cruzeiro e Uruguai	84	9	21	-	-	-
15/05/1975	75,7	60,0	-	7	210,3	Julião, Pituba (Loteamento Ampliação C. da Luz)	28	7	9	-	11	2
18/05/1977	134,2	64,1	1	1	134,2	Bonoco, S. Martin, Rio Vermelho, Pituba	25	12	18	1.000	12	4
03/06/1978	217,5	57,0	1	2	296,9	Ladeira da Montanha, Gamboa, Bom Juá	57	40	53	304	5	28
06/02/1980	159,0	25,5	1	1	159,0	Bx. do Camarogibe	30	2	5	600	-	-
03/04/1984	133,4	25,4	1	2	227,0	A. Bom Viver (Lobato), Vila Leal, Av. de Vale	49	23	67	800	-	8
10/04/1984	101,6	38,3	1	4	304,0	Bx. do Camarogibe e ocorrências generalizadas	48	52	83	1.500	-	3
09/04/1985	111,5	25,9	1	2	173,8	Barra, Pituba, bairros periféricos	45	40	78	-	-	4
22/04/1985	139,5	40,0	2	5	488,1	Bx. do Fiscal, encostas entre Bx. do Fiscal e Lobato	57	21	35	500	-	32
18/04/1986	110,1	33,5	1	1	110,1	Bx. do Fiscal, S. Martin, Retiro, Barros Reis	28	33	57	103	1	2
18/05/1989	218,9	34,4	-	2	218,9	Lobato, Campinas de Pirajá	43	133	92	700	50	67

Organizado por Neyde Gonçalves (1992), com modificações. Fonte: INMET, Jornais, CODESAL.

não tão acentuadas, as diferenças evidenciam a influência dos fatores locais na individualização de fácies climáticas de escalas inferiores (topoclimas/microclimas). Finalmente, análises da dinâmica atmosférica poderão ser realizadas de modo a se obter um conhecimento mais aprofundado da gênese desses episódios pluviais concentrados.

As constatações obtidas na pesquisa permitiram ratificar que a vulnerabilidade da cidade de Salvador a este tipo de evento natural decorre, dentre os vários fatores citados, da acumulação de déficits seculares de providências que, evidentemente, só poderão ser superadas a médio e longo prazos. As possíveis soluções poderiam advir de uma percepção mais concreta da realidade da sociedade brasileira, como um todo, e de um trabalho participativo entre a administração e a sociedade.

NOTAS

1. Resumo condensado da tese de doutorado defendida pela autora no Departamento de Geografia da FFLCH – Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, maio de 1992.

2. Professora do Mestrado em Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia.

3. Em 1991, os resultados do Censo Demográfico evidenciaram uma população de 2.036.013 habitantes e uma taxa de crescimento anual de 2,90%. Em 2000, segundo os mesmos registros oficiais, a população atingiu o número de 2.440.886 habitantes e a taxa de crescimento anual foi de 2,5%.

4. O Projeto Baía Azul, destinava-se à melhoria das condições de saneamento.

5. Monteiro (1991) conclui que o termo “acidentes” tem uma abrangência maior do que “riscos” para a tradução de “hazards”, configurando-se como de uso mais pertinente a utilizar nos eventos naturais e especificamente climáticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab'SABER, A. N. “O sítio da cidade de Salvador”. In: Imprensa Oficial da Bahia. *Aspectos geográficos, históricos, sociais e antropológicos*. Salvador: 1960, pp. 11-14 (Coleção Estudos Baianos).
- ACCIOLI, I. *Memórias históricas e políticas da província da Bahia*. Anotada por Braz do Amaral. Salvador: Imprensa Oficial do Estado, 1919, v. 1 a 6.

- ALMEIDA, M. C. B. de. "Caracterização geomorfológica do sítio de Salvador". In: SALVADOR: Prefeitura Municipal de Salvador. *Estudo do sítio do município de Salvador*. Salvador, 1978, pp. 47-96 (PLANDURB).
- ATKINSON, B. W. The effect of an urban area on the precipitation from a moving thunderstorm. *Journal of Applied Meteorology*, v. 10, pp. 47-55, 1971.
- AZEVEDO, T. de. *Povoamento da cidade de Salvador*. Salvador: Tipografia Beneditina Ltda, 1949.
- BAHIA. Secretaria do Planejamento, Ciência e Tecnologia. Centro de Planejamento da Bahia. *Atlas climatológico do Estado da Bahia. O clima como recurso natural básico à organização do espaço geográfico*. Salvador: 1978, 191 p. (Documento Síntese).
- BORDREUIL, C. Influence de l'urbanisation sur la pluviométrie de la région marseillaise. *La Météorologie*, Boulogne, v. 9, pp. 91-100, 1977.
- BRANDÃO, A. M. P. M. *Tendências e oscilações climáticas na área metropolitana do Rio de Janeiro*. 1987, 319 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- BRYSON, R. A. and ROSS, J. E. "The climate of the city". In: DETWYLER, T. R. and MARCUS, M. G. (Org.) *Urbanization and environment*. Belmont: Duxbury Press, 1972, pp. 52-66.
- BURTON et al. *The environment as hazard*. New York: Oxford University Press, 1978.
- CABRAL, E. e JESUS, E. F. R. "Eventos pluviais extremos na grande São Paulo em 1991: impactos na vida urbana." In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 4, 1991, Porto Alegre: *Anais...* Porto Alegre, 1991, pp. 175-182.
- CHANDLER, T. J. *The climate of London*. London: Hutchinson University Library Publishers, 1965, 292 p.
- CHANGNON, S. A. Recent studies of urban effects on precipitation in the United States. *Bulletin of American Meteorological Society*, v. 50, pp. 411-421, 1969.
- CONTI, J. B. "Crescimento urbano e mudanças climáticas." *O Estado de São Paulo*, São Paulo. 9 set. 1979. Suplemento Cultural, ano 3, n. 179, p. 3.
- GARCIA, M. P. "Impactos sócio-econômicos, políticos y espaciales de las grandes inversiones minero-industriales en America Latina: aproximación teórico metodológica." *Revista Interamericana de Planificación*, México; v. 21, n. 81, pp. 15-43, 1981.
- GOLDREICH, Y. "Urban topoclimatology". *Progress in Physical Geography*. Edward Arnold, vol. 8, n. 3, pp. 337-365, 1984.
- GONÇALVES, N. M. S. e SOUZA, E. M. C. "Análise climatológica de Salvador". In: SALVADOR. Prefeitura Municipal. *Estudo do sítio do Município de Salvador*. Salvador, 1978. pp. 47-96 (PLANDURB).
- GONÇALVES, N. M. S. *Impactos pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador - Bahia*. 1992, 268f. Tese (Doutorado em Geografia Física). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- GORDILHO, W. V. "O sítio urbano - seu desenvolvimento". In: BAHIA. Secretaria de Saneamento e Desenvolvimento Urbano. Companhia Estadual de Desenvolvimento Urbano. *A grande Salvador - posse e uso da terra*. Salvador: cap. 10, pp. 1-11, 1978 (Projetos Urbanísticos Integrados).
- HERZER, H. e CAPUTO, M. G. "Reflexiones sobre el manejo de las inundaciones y su incorporacion a las politicas de desarrollo regional". *Desarrollo economico*. Buenos Aires, v. 27, n. 106, pp. 245-260, jul/set. 1987.
- HOWARD, L. *The climate of London deduced from meteorological observations made in the metropolis and at various places around it*. 2. ed. London: J. A. Arch, Cornhill, Longman Co., 1933, 3 v.

- JAUREGUI, E. "Los climas urbanos tropicales. Revisión y evaluación". In: *Conferencia técnica de la OMM sobre climatología y sus aplicaciones, particularmente en lo que se refiere a las regiones tropicales*. Doc. 6, México, 1984.
- _____. "El clima urbano de la ciudad de México". In: *Conferencia técnica de la OMM sobre climatología y sus aplicaciones, particularmente en lo que se refiere a las regiones tropicales*. Doc. 7. México, 1984.
- LANDSBERG, H. E. "The climate of towns". In: THOMAS, W. E. (Ed.) *Man's role in changing the face of the earth*. Chicago: The University of Chicago Press, 1956, pp. 584-605.
- _____. "Man-made climatic changes". *Science* n. 170, pp. 1265-74, 1970.
- MARCUS, M. G. and DETWYLER, T. R. Urbanization and environment in perspective. In: DETWYLER, T. R. and MARCUS, M. G. (Orgs.) *Urbanization and environment*. Belmont: Duxbury Press, 1972, pp. 3-9.
- MONTEIRO, C. A. F. M. *Análise rítmica em climatologia. Problemas da atualidade climática em São Paulo e Acheegas para um programa de trabalho*. São Paulo: Instituto de Geografia. Universidade de São Paulo, 1971, 21 p. (Climatologia 1).
- _____. *Teoria e clima urbano*. São Paulo: Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, 1976, 181 p. (Série Teses e Monografias n. 25).
- _____. "Derivações antropogênicas dos geossistemas terrestres no Brasil e alterações climáticas: perspectivas urbanas e agrárias ao problema a elaboração de modelos de avaliação". In: *Simpósio sobre a comunidade vegetal como unidade biológica, turística e econômica, 1978, São Paulo. Anais...* São Paulo: Secretaria da Cultura, Ciência e Tecnologia. Academia de Ciências do Estado de São Paulo. ACIESP, 15, 1978, pp. 43-76.
- _____. "Environmental problems in São Paulo metropolitan area: the role of urban climate with special focus on flooding". In: *Symposium on geographical aspects of environmental problems in highly urbanized territories*. International Geographical Congress, 24, 1980, Tokio: IGU, 1980.
- _____. *A questão ambiental no Brasil*. São Paulo: Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, 1981, 133 p. (Série Teses e Monografias n. 20).
- _____. "El estudio de los climas urbanos en las regiones tropicales de América del Sur: la contribucion brasileña". In: *Conferencia técnica sobre climatología urbana y sus aplicaciones con especial referencia a las regiones tropicales*. Doc. 11. México, 1984.
- _____. "A cidade como processo derivador ambiental e a geração de um clima urbano-estratégias na abordagem geográfica". *Geosul*, Florianópolis, Ano 5, n. 9, pp. 80-114, 1990.
- _____. *Clima e excepcionalismo. Conjeturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico*. Florianópolis: Editora da UFSC, 1991, 233 p.
- NEVES, L. P. *O crescimento de Salvador e das demais cidades baianas*. Salvador: Centro Editorial e Didático da UFBA, 1985 (Estudos Baianos n. 15).
- NORWINE, J. *Climate and human ecology*. Houston: D. Armstrong Co. Inc. Publishers, 1970.
- OKE, T. R. *Review of urban climatology: 1968-1973*. Geneva: WMO, 1974 (Technical Note n. 134).
- _____. Urban climatology and the tropical city: an introductory lecture. In: *WMO technical conference on urban climatology and its applications with special regard to tropical areas*. Doc. 19. México, 1984.
- PASCHOAL, W. *As inundações do Cambucí: percepção e reação do habitante e usuário de uma área central da metrópole a um de seus problemas mais sérios*. São Paulo, 1981, Dissertação (Mestrado em Geografia Física). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

- PEIXOTO, C. S. *Os fatores físicos condicionantes dos problemas da cidade de Salvador*. Salvador, 1968, Tese (Livre-docência). Faculdade de Filosofia, Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- SALVADOR. Prefeitura Municipal. Órgão Central de Planejamento. *Encostas: redefinindo a questão*. Salvador, 1981, v. 1 a 3 (GESEC).
- SANDERSON, M. et al. "Three aspects of the urban climate of Detroit-Windsor". *Journal of Applied Meteorology*, v. 12, pp. 629-38, 1973.
- SANDERSON, M. and GORSKI, R. "The effect of metropolitan Detroit-Windsor on precipitation". *Journal of Applied Meteorology*, v. 17, n. 4, pp. 423-27, 1978.
- SANTOS, M. *O centro da cidade do Salvador. Estudo de geografia urbana*. Salvador: Livraria Progresso Editora, 1959.
- SCHMID, J. A. "The environmental impact of urbanization", In: MANNERS, I. R. and MARVIN, W. (Orgs.). *Perspectives on environment*. Washington: Mikesell Editors, Association of American Geographers, n. 13, 1974.
- SILVA, A. *A cidade D'El-Rei. Aspectos seculares*. Salvador: Prefeitura Municipal. Tipografia Manu, 1953.
- SILVA, S. B. de M. "Processo de crescimento espacial de Salvador". *Revista Interamericana de Planificación*. Guatemala: v. 22, n. 87 y 88, pp. 194-213, 1989.
- SIMAS FILHO, A. et al. "Evolução urbana da cidade de Salvador". In: BAHIA. Secretaria de Saneamento e Desenvolvimento Urbano. Companhia Estadual de Desenvolvimento Urbano. *A grande Salvador. Posse e uso da terra*. Salvador, cap. 9, pp. 1-12, 1978.
- TITARELLI, A. H. V. "Alterações do clima local nos centros urbanos: efeitos adversos da urbanização". *Caderno Prudentino de Geografia*. Presidente Prudente, n. 3, pp. 28-35, 1982.
- VILHENA, L. dos S. *A Bahia no século XVIII*. Salvador: Ed. Itapuã, 1969, v. 1 a 3.
- WHITE, G. F. (ed.) *Natural hazards – Local, National, Global*. New York: Oxford University Press, 1974, 288 p.
- WOOLUM, C. A. "Notes from a study of the micro-climatology of the Washington DC area for the winter and spring seasons". *Weatherwise* n. 17, pp. 263-71, 1964.

CLIMA E PLANEJAMENTO URBANO EM LONDRINA

Proposição metodológica e de intervenção urbana a partir do estudo do campo termo-higrométrico¹

Francisco Mendonça

Os estudos relativos à qualidade de vida urbana remontam à Revolução Industrial, embora seja no século XX, principalmente a partir da Segunda Guerra Mundial, que o desenvolvimento dos mesmos tenha sido mais marcante. Nos últimos trinta anos, aproximadamente, essa temática ganhou relevância na seara de preocupações de cientistas, políticos, administradores e da sociedade em geral devido a consideráveis modificações introduzidas pelo processo de urbanização no ambiente precedente e à criação, na maioria das vezes, de condições ambientais prejudiciais à vida. Santos (1991:43), considerando possíveis repercussões do processo de urbanização sobre o meio ambiente, observou que ela criou em cada local um *meio geográfico artificial*, nos quais se desenvolve “um quadro de vida onde as condições ambientais são ultrajadas, com agravo à saúde física e mental das populações”.

O clima constitui-se numa das dimensões do ambiente urbano e seu estudo tem oferecido importantes contribuições ao equacionamento da questão ambiental das cidades. As condições climáticas destas áreas, entendidas como clima urbano, são derivadas da alteração da paisagem natural e da sua substituição por um ambiente construído, palco de intensas atividades humanas.

Neste ambiente socialmente construído, o balanço de energia precedente sofre profundas mudanças, sendo que os elementos climáticos mais observados têm sido a temperatura e a umidade relativa do ar (ilha de calor, ilha de frescor, conforto/desconforto térmico etc.), os ventos (diretamente ligados à dispersão da poluição) e, nas cidades tropicais, a precipitação (inundações).

As atividades socioeconômicas urbanas, de maneira geral, são fatores da formação do clima urbano, sendo que a intensidade do adensamento humano e urbano e a localização geográfica da cidade desempenham forte influência em tal formação.

As cidades dos países não desenvolvidos, principalmente as das áreas tropicais, notadamente as de médio e pequeno porte, só muito recentemente começaram a despertar a atenção para a elaboração de estudos de seus ambientes climáticos. Metodologias específicas para estes estudos tais como a proposta do Sistema Clima Urbano de Monteiro (1976), e a identificação de novos fatores como o papel da precipitação e a consequente umidade dos solos (Imamura-Bornstein, 1991) na formação do clima de tais localidades têm sido lançadas na perspectiva de contribuir para uma melhor compreensão dos graves problemas urbanos das cidades do mundo tropical. Este último aspecto tem sido particularmente observado como influente na caracterização do clima urbano de cidades tropicais médias e pequenas, pois, nestas localidades, a variação sazonal da precipitação e da umidade do ar é consideravelmente importante na determinação da atmosfera urbana.

Nos últimos vinte anos, principalmente, é que os estudos relativos ao ambiente climático urbano têm sido desenvolvidos no Brasil, notadamente sob a influência de Carlos Augusto Figueiredo Monteiro, que acabou “fundando” uma “escola brasileira de climatologia urbana”, como se pode observar nas primeira e última partes desta obra.

O processo de urbanização que caracterizou o século XX e a atualidade é marcado, sobretudo na etapa mais atual, pela origem de grandes e gigantescas áreas urbanas, tanto nos países desenvolvidos quanto naqueles marcados por um desenvolvimento complexo. Segundo Santos (op. cit. 42), a proliferação de cidades com tais dimensões deu-se principalmente nos países pobres pois, “das vinte e seis cidades mundiais com mais de cinco milhões de habitantes em 1980, dezesseis estão nos países subdesenvolvidos”, e por volta do ano 2000 “das sessenta cidades com essa população no mundo inteiro, quarenta e cinco estarão no Terceiro Mundo”.

É sabido que a degradação ambiental e a queda da qualidade de vida nas cidades destes países se agravam à proporção que a urbanização se intensifica. As cidades médias e pequenas atestam, assim, embora em níveis inferiores aos das grandes cidades e áreas metropolitanas, graves problemas ambientais, pois “a construção de casas, de estradas, de terrenos de esporte ou de parques industriais modifica profundamente o meio: os regimes do clima, das águas e dos ventos são alterados até mesmo onde não há poluição *strictu sensu*” (Claval, 1981:323).

Assim, pelo maior comprometimento da qualidade de vida nos grandes centros urbanos, o estudo do clima dos mesmos tem atraído mais a atenção de estudiosos que aquele de cidades de menor porte, talvez porque nas grandes concentrações os problemas ambientais pareçam ser mais graves que nas pequenas. Entretanto, o acelerado crescimento apresentado por algumas destas nas últimas décadas e a sua representação quantitativa e qualitativa, particularmente no território brasileiro, tem despertado cada vez mais o interesse para a investigação de seus ambientes. Isto se deve também ao fato de que intervenções apontadas pelo planejamento urbano em tais contextos apresentam menor problemática de execução que nas grandes cidades com urbanização praticamente consolidada.

As diferenças de caráter espacial, morfoestrutural e funcional entre estes dois grandes tipos de cidades, portanto com necessária diferenciação de abordagem, levou à formulação de uma metodologia específica para o estudo das médias e pequenas, como se verá a seguir.

CIDADES DE PORTE MÉDIO E PEQUENO: PARTICULARIDADES DO CLIMA URBANO

A maioria dos trabalhos relacionados aos estudos de climas urbanos elaborados até o presente foi desenvolvida tomando o corpo da cidade como um todo, sobre o qual são traçadas isolinhas após a identificação de diferenças, principalmente termo-higrométricas e de poluição, a partir de dados levantados em pontos plotados de diversas maneiras. Poucos estudos, porém, se basearam no detalhamento prévio das diferenças do sítio e do uso do solo urbano como suporte para a compreensão da formação do clima derivado dos diferentes arranjos espaciais da cidade.

A formação de condições climáticas intraurbanas, derivadas diretamente da heterogeneidade tanto do sítio quanto da estruturação, morfologia e funcionalidade urbanas, gerando paralelamente ao clima da cidade (clima local/urbano), bolsões climáticos intraurbanos diferenciados (ilhas de calor, ilhas de frescor, topoclimas, microclimas) carece ainda de mais atenção dos estudiosos do clima de cidades.

Uma vez que diferentes níveis de vida intraurbanos geram “duas ou diversas cidades dentro da cidade” (Santos, 1981:173), pois “dentro da cidade e em razão da divisão territorial do trabalho, também há paisagens funcionalmente” e estruturalmente distintas (Santos, 1991:69), entende-se também

que as especificidades do sítio podem reforçar a diversificação da paisagem urbana e, portanto, de seus ambientes internos.

Assim, a identificação o mais detalhada possível dos diferentes espaços intraurbanos é de grande importância, pois, a partir dela também é possível identificar os fatores causadores da diferenciação climática do ambiente citadino. Como exemplo, Seabra (1991:20), ao tomar os “bairros como unidades de vida e de relações” na análise da construção do ambiente urbano da metrópole paulistana, ressaltou que “(...) é possível observar ‘ecossistemas’ que se singularizam por ter temperaturas mais amenas, arborização, menos densidade de construções e de população (...)”, completamente opostos aos “velhos bairros industriais e operários” com alta densidade de construções (bastante deterioradas), alta densidade de população e com temperaturas mais elevadas devido à ausência de alamedas e áreas verdes.

Por outro lado, se o planejamento da cidade deve relevar as suas diferentes características internas para uma melhor intervenção, o estudo do clima urbano, enquanto subsidiário daquele, deve também oferecer um grau de detalhamento capaz de possibilitar uma intervenção mais consciente na gestão da cidade; afinal “o processo de produção do espaço urbano é desigual, e isto aparece claramente na paisagem através do uso do solo decorrente do acesso diferenciado da sociedade à propriedade privada da terra (...)” (Carlos, 1992:122).

As cidades de porte médio e pequeno possuem então características geográficas bastante diferenciadas daquelas de grande porte e metropolitanas e apresentam, portanto, consideráveis facilidades para a identificação de suas paisagens intraurbanas; estas, previamente identificadas, permitirão uma melhor compreensão da interação sociedade-natureza na construção do clima urbano.

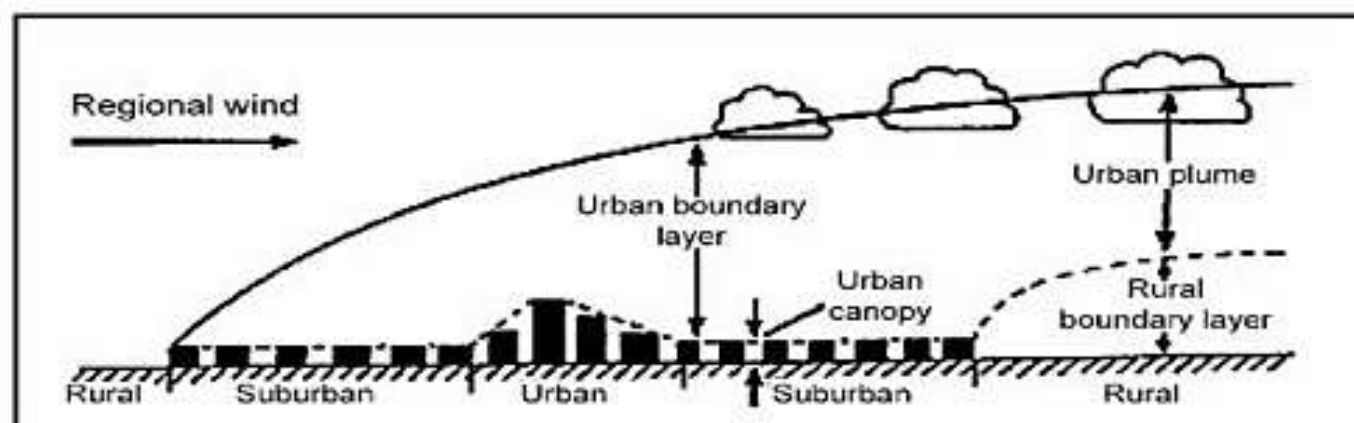
Do ponto de vista conceitual nota-se, todavia, uma expressiva carência de bibliografia de base para o tratamento específico de cidades de pequeno e médio porte, fato que eleva o arcabouço de conceitos produzidos até o presente a uma dimensão de alta relatividade, pois que foram produzidos levando-se em conta, sobretudo, aglomerações urbanas de grande porte e metropolitanas.

Os espaços caracterizados como *urban boundary layer* e *canopy boundary layer* (Figura 1), *pick*, *cliff* e *plateau* (Figura 2), por exemplo, são facilmente observáveis em cidades cujos aglomerados urbanos possuem considerável extensão, porém podem não se manifestar da mesma maneira em cidades de menor porte. A inexistência de subúrbios nas cidades pequenas, por exemplo, impede a formação ali de “ambientes de transição” entre o rural e o urbano propriamente ditos.

Assim, é a extensão espacial do fenômeno urbano, em sua interação com a paisagem na qual está inserido, que define o seu ambiente atmosférico. A particularidade climática está vinculada às dimensões da cidade, ou seja, quanto menor o seu tamanho, menor também será sua expressividade ou singularidade climática dentro das condições atmosféricas no âmbito regional. Esta individualidade será, entretanto, mais evidente quanto mais expressiva for a situação de calma atmosférica em determinado momento.

FIGURA 1

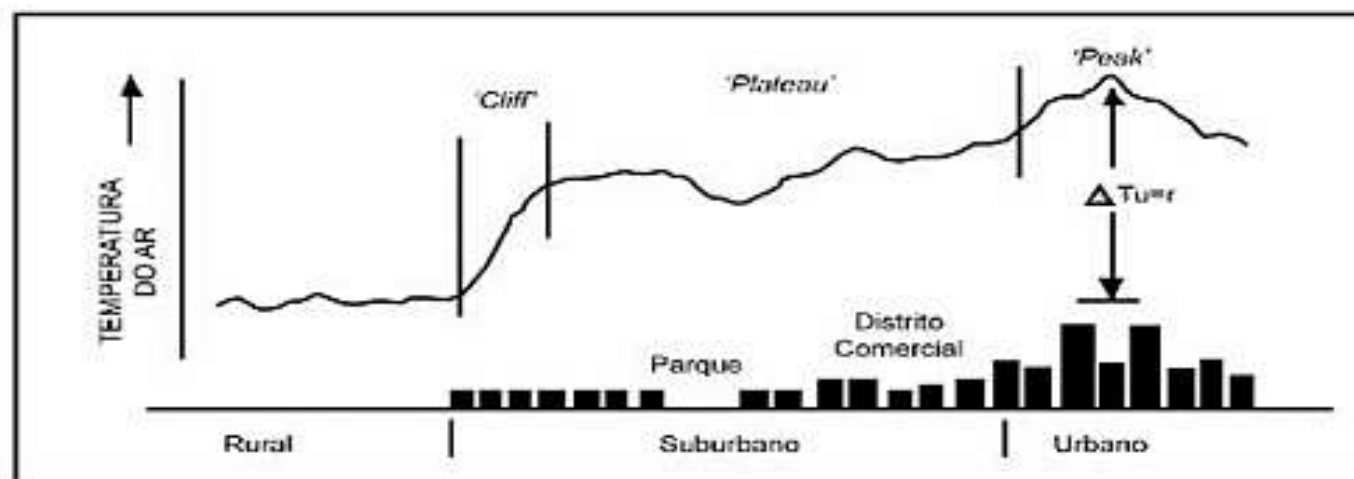
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA ATMOSFERA URBANA



Fonte: HENDERSON-SELLERS E ROBINSON, 1989:129.

FIGURA 2

SECÇÃO TRANSVERSAL GENÉRICA DE UMA TÍPICA ILHA DE CALOR URBANO



Fonte: OKE, 1978:255.

É dentro deste contexto de análise que se observa que a geografia circunvizinha à cidade desempenha papel mais preponderante na formação de seu clima urbano quanto menor ela for. Trata-se, em muitos casos, de “microclimas urbanos” pontualizados dentro de um clima de floresta, de um clima de montanha, de um clima de área agrícola etc. O estudo do clima de cidades deste porte deve levar em consideração a abordagem geográfica detalhada tanto do fato urbano quanto da área rural regional contígua.

Três aspectos ressaltam-se como fundamentais para a compreensão das particularidades oferecidas pelas cidades de porte médio e pequeno para o estudo de seu clima:

a) São cidades que, sobretudo nos países tropicais (501 cidades no Brasil com população de 20.000 a 500.000 habitantes, em 1991), carecem, tanto quanto as cidades grandes e metropolitanas, de estudos de toda ordem. Nestas, vive cerca de 1/3 da população do país, principalmente depois dos anos setenta, década após a qual tais cidades vêm ganhando progressiva importância socioeconômica, política e ambiental – notadamente as 128 cidades médias brasileiras (com população de 100.000 a 500.000 habitantes) (Santos, 1993:71-73).

Alia-se também à expressiva quantidade de cidades médias e pequenas a perspectiva de que o futuro será marcado por um fluxo crescente de pobres para as grandes cidades, e da classe média para as cidades médias, com melhorias na qualidade de vida nestas, fruto direto do paradoxal processo de metropolização e *desmetropolização* brasileiro contemporâneo (Santos, 1993).

b) o planejamento e intervenção no desenvolvimento urbano das cidades de porte médio e pequeno podem, pelo próprio estágio de desenvolvimento das mesmas, ser praticamente mais eficaz que nas cidades grandes e metropolitanas, pois se verifica “a expansão da metropolização e, paralelamente, a chegada de novas aglomerações à categoria de cidade grande e de cidade intermediária” (Santos, 1993:83). Em tais cidades os espaços de intervenção das atividades de planejamento são bem menos consolidados – particularmente no que concerne à estrutura urbana – que naqueles das cidades de porte superior.

Uma vez que os estudos de clima urbano têm se voltado, após a década de 1970, ao planejamento do desenvolvimento das cidades, o seu estudo detalhado requer uma precisão capaz de contribuir de maneira eficaz para a elaboração e implantação de planos que visem a melhoria da vida nas áreas urbanizadas.

c) O detalhamento cartográfico concernente à representação do fato urbano – e suas diferenças internas e circunvizinhas – ganha maior riqueza quanto maior for a escala de trabalho da cidade objeto de estudo. Quando elaborado

como etapa inicial de estudos, ele permite a identificação da heterogeneidade do espaço urbano a ser estudado, assim como o levantamento de hipóteses concernentes a possíveis diferenças de ambientes climáticos intraurbanos.

Ao se optar pela detalhada caracterização geográfica do complexo urbano como embasamento prévio para o desenvolvimento do estudo do clima das cidades de porte médio e pequeno, ressalta-se o aspecto qualitativo do mesmo, pois, até o presente, o quantitativo suplantou-o quando da abordagem do clima urbano.

O CLIMA URBANO DE CIDADES DE PORTE MÉDIO E PEQUENO: BREVE SÍNTESE METODOLÓGICA PARA SEU ESTUDO

A maioria dos estudos do clima das cidades caracteriza-se por desenvolver uma abordagem principalmente meteorológica da atmosfera urbana, abordando-a notadamente segundo uma perspectiva estatística e descritiva. Várias críticas a este enfoque foram levantadas aos climatólogos tendo em vista a ausência, ou superficialidade, da identificação e análise dos fatores particulares do sítio e do fato urbano responsáveis pela formação do clima da cidade.

O S.C.U. de Monteiro (op. cit.) constitui-se na base conceitual e metodológica que alicerçou a construção da metodologia de estudo construída na presente experiência, sendo específica para abordagem do clima urbano de cidades de porte médio e pequeno. A metodologia fundamenta-se, de maneira clara, no embasamento cartográfico e no conhecimento geográfico da cidade (e sua setorização, ou divisão em partes com características relativamente homogêneas) como etapa primeira e fundamental do estudo. Esta proposta metodológica consta de quatro fases, sendo que é marcadamente na elaboração da segunda que ela se diferencia da proposição do S.C.U. de Monteiro (op. cit.), pois toma a setorização geográfica da cidade em ambientes relativamente homogêneos como base para o estudo da diferenciação climática intraurbana.

Ao propor o conhecimento detalhado dos diferentes ambientes climáticos intraurbanos e podendo, assim, identificar de maneira mais direta e detalhada os fatores responsáveis pela formação e dinâmica dos mesmos, a proposta busca detalhar mais ainda as sugestões a serem levantadas para o planejamento da cidade.

A metodologia construída pode ser aplicada em qualquer estudo de caso e focar qualquer dos três subsistemas do clima urbano; o roteiro metodológico sugerido para a aplicação da referida proposta é composto por quatro fases, que podem ser genericamente resumidas em:

- Primeira fase: Consiste na definição tanto da área de estudo (toda uma cidade ou parte de uma) quanto do subsistema a ser estudado (termodinâmica, físico-químico ou hidrometeorológico), envolvendo o conhecimento geográfico prévio da mesma. Uma mesma cidade poderá apresentar somente um, dois ou até três problemas relacionados aos referidos subsistemas; uma grande cidade industrial, por exemplo, situada sobre um relevo movimentado e localizada na zona tropical da Terra poderá ter problemas relacionados tanto ao conforto térmico, quanto à poluição e a inundações.

- Segunda fase: Nesta fase do trabalho elabora-se o embasamento cartográfico e setoriza-se a cidade em ambientes geográficos diferenciados (análise espacial), bem como levantam-se suas características climáticas segundo a abordagem genética da atmosfera regional. São definidos os pontos e a periodicidade para o levantamento de dados que nesta fase é executado.

Como aspectos a serem observados para a caracterização geográfica da cidade, sugere-se a cartografia dos seguintes elementos do sítio: hipsometria geomorfologia (em duas escalas, uma de ordem regional e outra local), declividades (inclinação) de vertentes, exposição (orientação) de vertentes e direção-velocidade predominante dos ventos. No tocante aos elementos do fato urbano indica-se a elaboração de uma carta de uso e ocupação do solo atual da cidade, além de um detalhamento da morfologia, estruturação e funcionalidade urbana. Somente a elaboração de uma tal base cartográfica e de sua análise – completada de maneira detalhada com o reconhecimento de campo – é que deve ser feita a setorização da cidade e a eleição dos pontos para levantamento de dados (em malha ou transectos). Estes mapeamentos podem ser trabalhados utilizando-se um software de SIG – Sistema Geográfico de Informações – o que facilitará a elaboração de um mapa com os setores a partir dos cruzamentos permitidos pelo programa.

Os dados levantados em estações meteorológicas oficiais, em cartas sinópticas e em imagens de satélites permitem fazer a caracterização climática da área e sua inserção nas escalas climáticas de ordem regional, além de possibilitar a análise rítmica dos tipos de tempos identificados nos períodos observados. A análise bibliográfica e o levantamento de dados – em fontes diretas e indiretas – permitem a compreensão do fato urbano, ou seja, sua estrutura, morfologia e funcionalidade.

- Terceira fase: Neste momento da pesquisa as características do sítio e do fato urbano em sua dinâmica já se encontram definidas, assim como dos dados mapeados, provenientes dos levantamentos de campo. Nesta fase serão levantados os dados de campo em campanhas realizadas em diferentes momentos do dia (de hora em hora, ou em momentos alternados 6h, 12h, 18h

e 21h) e do ano (sobretudo nas estações de verão e de inverno e, dependendo do lugar, também das outras duas estações do ano). Estes dados permitirão a elaboração do mapeamento das condições termo-higrométricas, de dispersão ou hidrometeorológicas do fato urbano em estudo; além destes podem também ser empregadas imagens de satélite em estudos de escala local ou topoclimática. Tais documentos são analisados em separado para se identificar as diferentes configurações do clima da cidade em observação e, posteriormente, devem ser correlacionados com os demais mapas na perspectiva da compreensão dos processos de causa e efeito do clima urbano em estudo.

- Quarta fase: Uma vez definidas e analisadas as configurações do clima urbano estudado, e também dos problemas correlacionados a elas, passa-se a exercitar a formulação de sugestões visando o equacionamento dos mesmos na perspectiva do desenvolvimento e planejamento urbano. Uma carta/mapa síntese pode ser esboçada como registro das propostas de intervenção urbana, sendo que ela deve se fazer acompanhar do detalhamento explicativo das sugestões lançadas.

LONDRIA/PR: PARTICULARIDADE DO CAMPO TERMO-HIGROMÉTRICO DO CLIMA URBANO

A cidade de Londrina, uma cidade de porte médio localizada na porção norte do estado do Paraná (Figura 3), foi escolhida para a aplicação da metodologia acima exposta. O levantamento de dados meteorológicos foi feito em pontos previamente estabelecidos a partir do embasamento cartográfico detalhado do fato urbano londrinense e posterior checagem de campo, tendo sido feito em dezessete pontos para toda a área urbana da cidade (distribuídos areolarmente pela malha), doze dentro de cada setor (também em malha), e dois transectos (ou perfis) cortando a cidade nos sentidos norte-sul e leste-oeste aproximadamente (Figura 4).

Os dados climato-meteorológicos levantados em diferentes situações diárias (6h, 9h, 15h, 21h), sazonais (invernos de 1992/1993 e verão/1993) e sob diferentes tipos de tempo no ambiente urbano de Londrina possibilitaram a identificação dos principais tipos de tempo que se formam na cidade. Uma observação detalhada dos dados mais expressivos do estudo de caso (Tabela 1), e sua comparação com resultados obtidos em estudos sobre outras localidades, permite constatar algumas particularidades do clima urbano da cidade em questão, como se verá a seguir a partir dos resultados mais expressivos obtidos.

Figura 3
Londrina/PR – Localização Geográfica

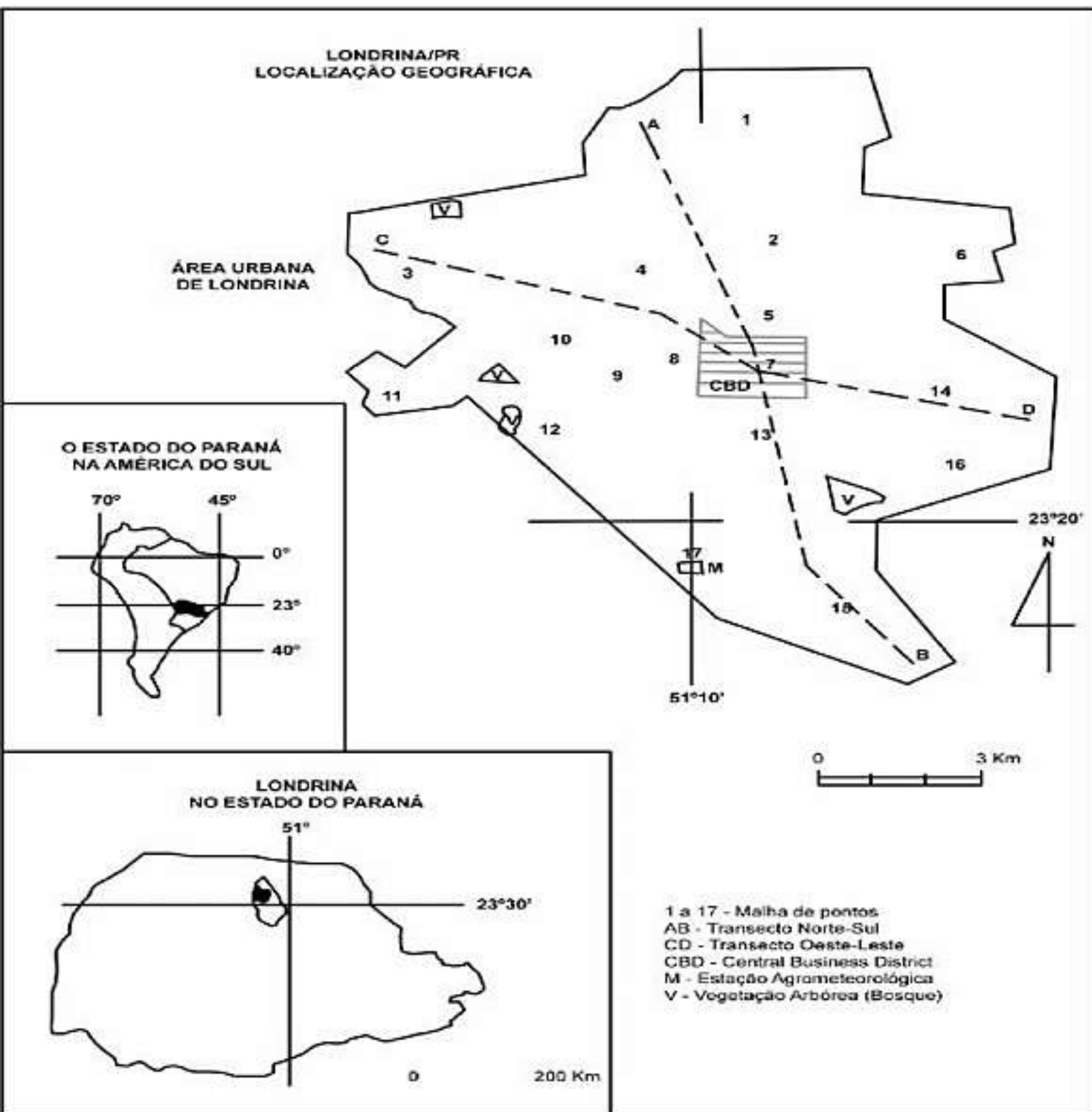
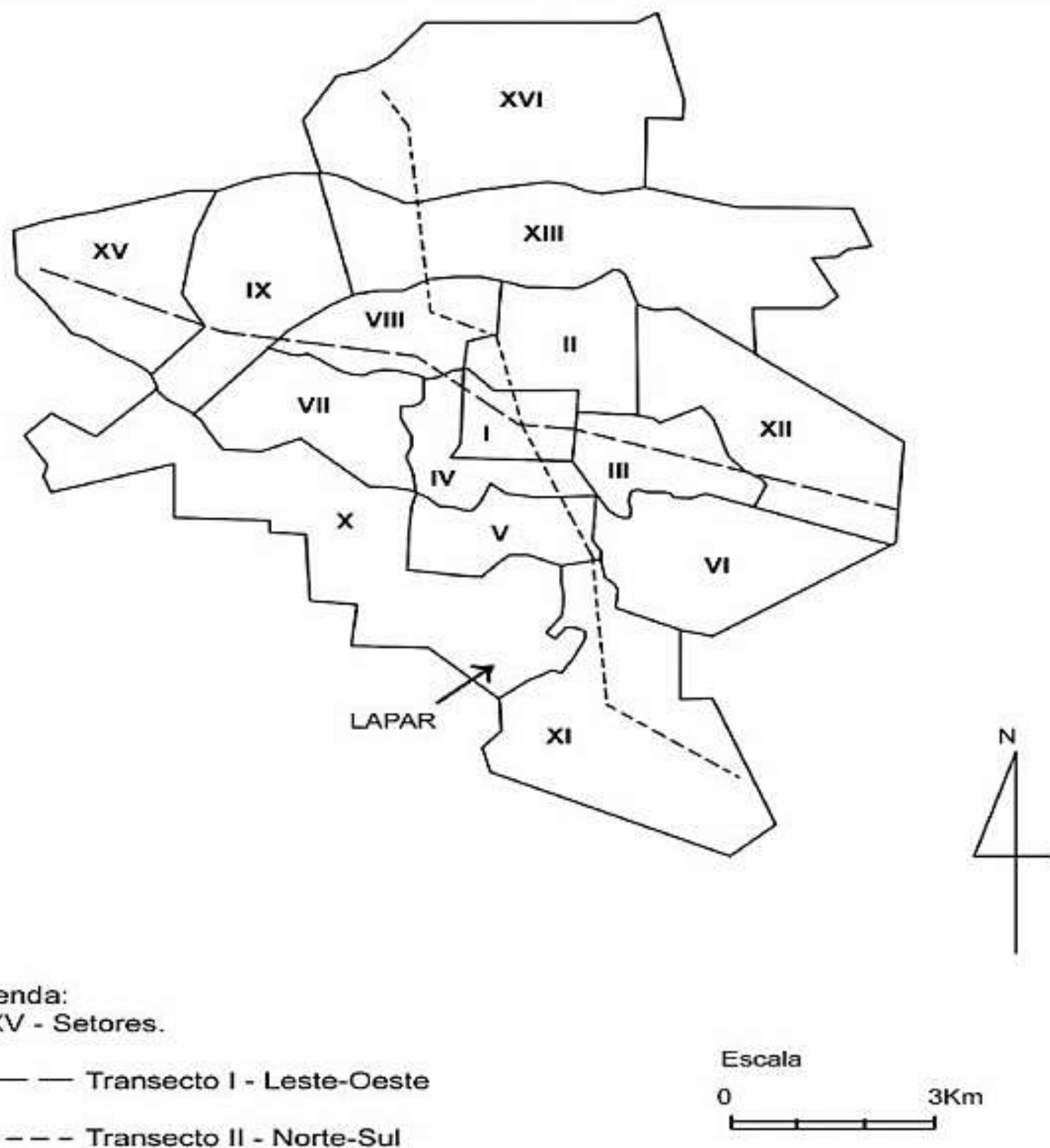


Figura 4

**Londrina/PR – PAISAGENS INTRAURBANAS E TRANSECTOS
PARA LEVANTAMENTO DE DADOS**



As ilhas de calor que se formaram na área urbana da cidade de Londrina ocorreram, sobretudo, no período noturno, tanto na estação de verão quanto na estação de inverno. As magnitudes mais expressivas do fenômeno ocorreram em noites de verão – atingindo 10°C e 9°C , em condições de vento calmo, céu limpo e domínio do STA (Sistema Tropical Atlântico) quando, após a ocorrência de um veranico, os solos rurais encontravam-se secos e nus.

A forte intensidade do fenômeno deveu-se a alguns fatores particulares, sendo que o papel da umidade dos solos rurais destacou-se em relação aos demais, pois apresentavam-se com inércia térmica inferior à área urbana. A superfície rural que circunda Londrina é composta por solos escuros, compactados e que permanecem descobertos nos dois períodos de entressafra anuais. Em tais condições eles exercem uma influência determinante na formação de condições climáticas intraurbanas, uma vez que o processo de calor sensível que se desenvolve sobre eles intensifica o aquecimento atmosférico, transportado pelos ventos para a cidade. A cidade ainda estoca calor devido às diferentes propriedades dos materiais que a constituem.

A formação de IC (Ilha de Calor) noturna também foi observada nas cidades de Marabá (Monteiro e Tarifa, 1977); Rio Claro (Piton, 1991); Porto Alegre (Danni, 1987); São Paulo (Lombardo, 1985); e Patos e Campina Grande (Imamura, Bornstein, op. cit.). Apenas em São Paulo e Porto Alegre é que sua formação noturna ocorreu na estação de inverno, enquanto em Patos e Campina Grande foi observado que os maiores valores de IC noturna coincidiram com tempo seco, como no caso de Londrina.

Em breve estudo sobre a cidade de São José dos Campos, Tarifa (1981) observou que os valores mais expressivos das diferenças de temperaturas urbana-rural (T_{u-r}) se davam quando a área se encontrava sob o domínio do SPa (Sistema Polar Atlântico), o mesmo não acontecendo com Londrina, onde as maiores magnitudes de IC foram observadas sob o domínio do STa. Sob a ação do SPa os valores foram menos expressivos, notadamente sob céu encoberto e superfícies úmidas.

As mais expressivas magnitudes de IC formadas sobre a área urbana de Londrina – em torno de 10°C – apresentaram os mesmos valores observados sobre cidades grandes como São Paulo e Porto Alegre, sendo largamente superiores aos observados sobre Salvador ($3,4^{\circ}\text{C}$ e $4,6^{\circ}\text{C}$ – Sampaio, 1981), São José dos Campos ($3,4^{\circ}\text{C}$ – Tarifa, op. cit.) Rio Claro (5°C – Piton, op. cit.) e Patos ($0,8^{\circ}\text{C}$) e Campina Grande ($1,8^{\circ}\text{C}$ – Imamura-Bornstein, op. cit.).

As áreas de ocorrências das mais elevadas diferenças térmicas urbano-rurais coincidiram, em Londrina, genericamente, com aquelas de menor teor de umidade do ar, gerando desconforto térmico urbano.

TABELA 1**MAGNITUDES MÁXIMAS E HORÁRIOS DE OCORRÊNCIA DA T^{u-r} (IC e IF)
ÁREA URBANA DE LONDRINA – INVERNO/1992/1993 – VERÃO/1993**

	VERÃO		INVERNO	
Malha de pontos	01/01/1993	19/01/1993	26/06/1993	07/07/1993
IC	Noturna	Vespertina	Noturna	Vespertina
	10°C	4,6°C	8°C	6,9°C
IF	Matinal	Matinal	Vespertina	Noturna
	-7,4°C	-3,8°C	-3,5°C	-5,6°C
Sit. Sinótica	STa	SPa	STa	SPa
Solos rurais	Nus/Secos	Nus/Úmidos	Cobertos/Secos	Cobertos/Úmidos
Transectos	02/01/1993	03/01/1993	30/06/1992	01/07/1992
IC	Noturna	Noturna	Noturna	Noturna
	10°C	9°C	3°C	4,5°C
IF	Vespertina	Vespertina	Vespertina	Vespertina
	-7,9°C	-5,7°C	-1,4°C	-1,2°C
Sit. Sinótica	STa	STa	SPa	SPa
Solos rurais	Nus/Secos	Nus/Secos	Cobertos/Úmidos	Cobertos/Úmidos

IC: Ilha de Calor; IF: Ilha de Frescor; STa: Sistema Tropical Atlântico; SPa: Sistema Polar Atlântico.

No que concerne à formação de IFs (Ilhas de Frescor), elas foram observadas como ocorrendo principalmente nos períodos da manhã e início da tarde, sendo marcadamente mais expressivas na estação de verão, momento no qual a diferença térmica urbano-rural atingiu -7,9°C. Novamente nota-se o papel da mistura dos solos rurais que ressaltou a formação do *efeito oásis* e *efeito parque* sobre algumas áreas verdes da cidade.

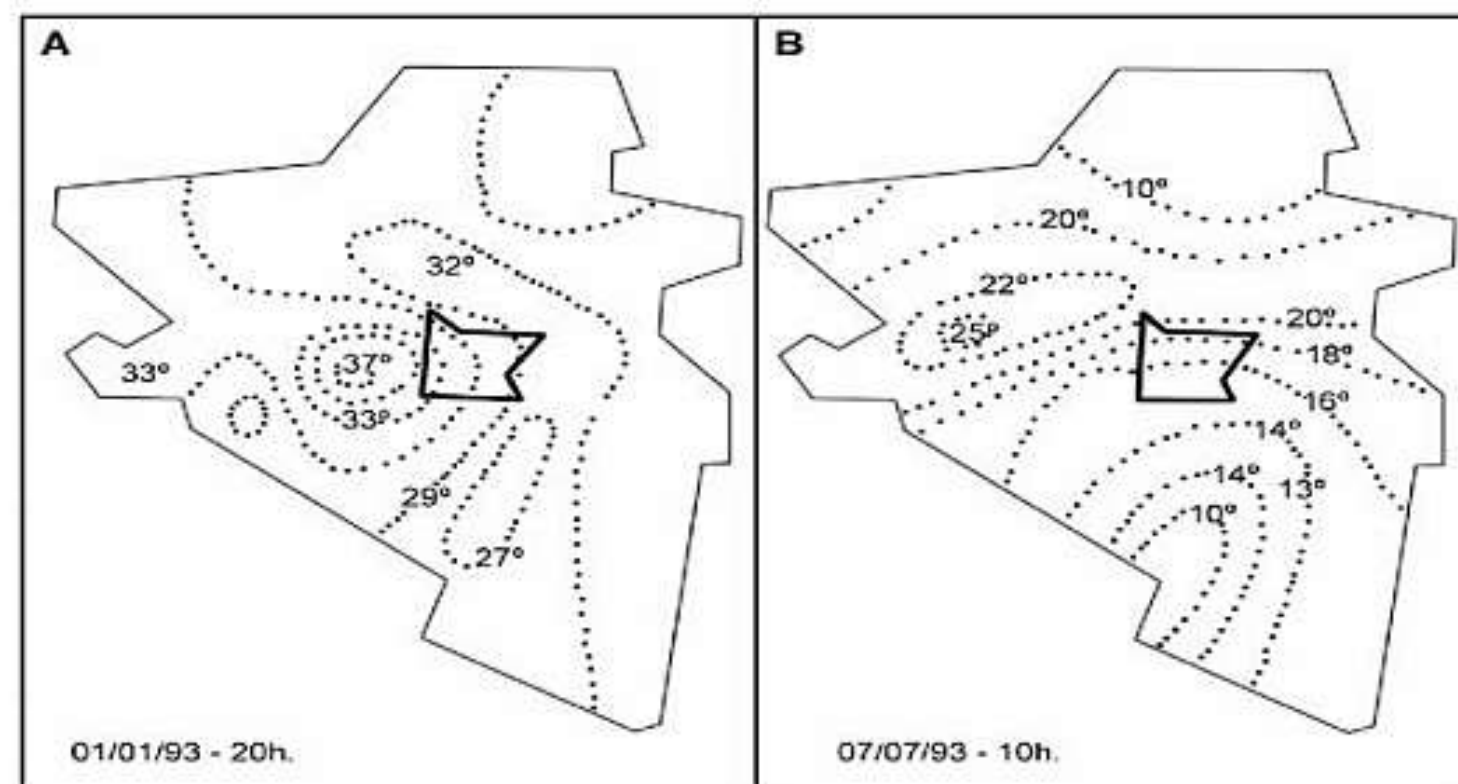
Comparativamente ao perfil apresentado por Oke (op. cit. 255), o *Peak* das ilhas de calor nem sempre coincidiu com o CBD (Central Business District) urbano de Londrina, embora muitas vezes ele esteve ali localizado; a maioria dos locais mais aquecidos foram aqueles de mais densa urbanização e poucos espaços verdes. As descontinuidades provocadas pelo *efeito oásis* e *efeito parque* local no perfil térmico da área urbana londrinense foram pronunciadas, destacando-se o lago e parque Igapó, o bosque Central, o parque Arthur Thomas e os fundos de vales arborizados, como produtores destas condições particulares de atmosfera urbana.

A influência da topografia e da exposição das vertentes foi claramente observada, sendo que os locais mais aquecidos coincidiram com os mais elevados e de orientação de vertentes notadamente de leste a norte e oeste. As áreas menos elevadas e de exposição genérica a sul apresentaram-se como aquelas menos aquecidas.

Situações de desconforto térmico se formaram por várias vezes no ambiente urbano de Londrina, pois os mais elevados totais térmicos foram acompanhados pelos mais baixos índices higrométricos da área. Os casos mais extremos foram observados no período da tarde, podendo ser citados os seguintes exemplos: dia 01/01 com temperatura do ar a 37°C (Figura 5) e umidade relativa a 20%; dia 02/01, 38°C e 25%; dia 03/01, 39°C e 25% etc.

FIGURA 5

LONDRINA/PR – ILHAS DE CALOR E ILHAS DE FRESCOR URBANO



A) Exemplo da formação de ilha de calor urbano concomitantemente à formação de ilha de frescor urbano. No dia 01/01/1993 às 21h a IC atingiu a magnitude de 10°C. B) Exemplo da formação de IC na situação de inverno (07/07/1993; 15h) cuja magnitude atingiu 6,9°C.

O emprego de imagens de satélite no estudo de caso da cidade de Londrina permitiu destacar os espaços urbanizados no contexto regional (Imagem NOAA), e observar com mais precisão o papel da umidade dos solos rurais na definição do clima urbano (Imagem Landsat5 TM), pois que os dados de temperatura dos solos fornecidos pelo IAPAR (Instituto Agrônomo do Paraná) permitiram constatar a magnitude do aquecimento dos mesmos, mas não sua espacialização. O tratamento e a interpretação da imagem de alta resolução possibilitou identificar que os mesmos se encontravam bem mais aquecidos (com baixa inércia termal) que a superfície urbana na estação de verão, sob condições de tempo com céu limpo.

A diferença térmica entre a superfície da área urbana de Londrina e seu entorno rural imediato atingiu cerca de 15°C no dia 02/01/1993 às 12h44min; alguns locais dentro da cidade também apresentaram temperaturas muito elevadas naquele horário (em torno de 41°C), como as extensas superfícies cobertas por asfalto (estacionamentos e avenidas) e áreas de densa urbanização. Os locais menos aquecidos foram notadamente aqueles cobertos por vegetação em formação de bosque e superfícies líquidas.

A expressiva diferença térmica observada nas superfícies locais (urbana e rural circunvizinha) ultrapassou aquelas observadas por Lombardo e Tarifa (1983 Apud Monteiro, 1984) sobre a cidade de São Paulo (12°C) e por Imamura-Bornstein (op. cit.) sobre a cidade de Sacramento (13°C). Esses valores são considerados como muito elevados, pois influenciam diretamente no aquecimento da camada de ar que se forma sobre o local. Esta constatação aponta para uma necessária e rápida reorientação na utilização dos solos rurais da área de Londrina, notadamente naqueles mais próximos à área urbana, em processo de metropolização.

No que concerne aos ambientes climáticos intraurbanos de Londrina, observados em quinze setores, constatou-se que os fatores determinantes do clima da cidade, observada no seu todo, são os mesmos para cada parte da área urbana, prevalecendo ora um ora outro em cada configuração climática particular. As ICs e IFs que se formaram no âmbito de cada setor também apresentaram maior intensidade na estação de verão que na de inverno, comprovando as observações anteriores (Tabela 2). Oito das quinze ICs observadas na estação de verão se formaram no período noturno e cinco no vespertino, evidenciando sua maior ocorrência noturna; duas somente se formaram no período da manhã, período que concentrou a maior ocorrência de IFs.

Os mais expressivos valores de $T^{\circ}\text{u-r}$ observados na estação de verão estiveram relacionados ao domínio do STc (Sistema Tropical Continental) sobre a área, quando os solos se aqueceram muito devido ao intenso processo de

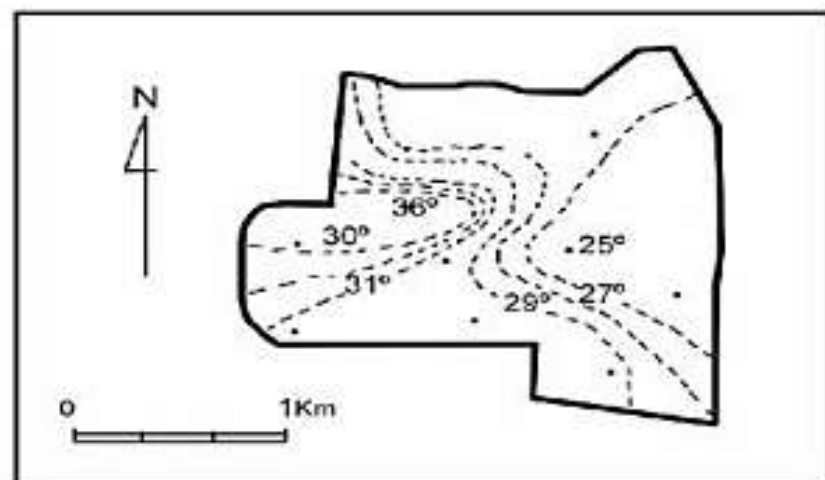
radiação da estação e, uma vez secos, acentuaram o fluxo de calor sensível. As maiores magnitudes observadas estiveram mais diretamente ligadas ao papel da inércia termal dos solos rurais ($13,3^{\circ}\text{C}$ no Setor II, e $9,9^{\circ}\text{C}$ no Setor XV) e à urbanização ($10,8^{\circ}\text{C}$ no Setor XIV; $9,8^{\circ}\text{C}$ no Setor I; $8,1^{\circ}\text{C}$ no Setor IV, e $7,6^{\circ}\text{C}$ no Setor VII).

A IC observada no verão de 1993 no Setor II ($13,3^{\circ}\text{C}$ – Figura 6) foi mais expressiva que todas aquelas observadas quando da análise da cidade como um todo, o que evidencia a importância do tratamento detalhado do clima urbano. A influência do papel da mistura dos solos rurais na definição do clima urbano de Londrina, no exemplo do Setor II, foi evidente, pois a vegetação em torno do Ponto 1 – fundo de vale da Vila Portuguesa – impediu o brusco resfriamento do seu entorno, contrariamente ao que aconteceu na área rural quando os solos se encontravam secos e nus.

Na estação de inverno, as ICs ocorreram sobretudo na parte da manhã (em número de 7) e noite (em número de 5), sendo pouco expressivas no período da tarde (em número de 3). As IFs apresentaram semelhança às ICs em termos de períodos de ocorrência, o que demonstra que durante as noites e manhãs desta estação a temperatura do ar apresenta maior amplitude que no período vespertino.

FIGURA 6

LONDRINA/PR – AMBIENTE ATMOSFÉRICO INTRAURBANO, OU SETOR-II



Neste exemplo observa-se uma IC noturna (às 21h) formada sobre o Ponto de Observação n. 1 e com magnitude de $13,3^{\circ}\text{C}$.

Na estação de inverno, as ICs e IFs observadas apresentaram intensidades de médias a fracas se comparadas àquelas da estação de verão. Os valores mais expressivos estiveram ligados tanto ao domínio do SPa (6,9°C – Setor XIV), quanto do STa (6,6°C – Setor XIII; 6°C – Setor IX; 5,8°C – Setor XII e, 5,1°C – Setor VIII); as amplitudes térmicas observadas nesta estação também foram menos elevadas que naquela.

Dos quinze setores observados, somente cinco não apresentaram configurações de ilha térmica no seu interior; os Setores V e VI tiveram menores T^{u-r} devido à presença de bolsões verdes no seu interior (lago e parque Igapó e parque Arthur Thomas), e os Setores X, XII e XV, devido à considerável extensão de áreas agrícolas que ali caracterizam a paisagem. Nos demais setores o efeito da urbanização se conjugou às características tanto do sítio urbano quanto à dinâmica atmosférica da circulação terciária na definição dos seus ambientes climáticos particulares.

SUGESTÕES AO PLANEJAMENTO URBANO DE LONDRINA NA PERSPECTIVA DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DA CIDADE

A elaboração e implementação de planos como orientadores das atividades humanas tem sido o melhor caminho para o desenvolvimento objetivo da sociedade. Experiências efetivadas nos mais diferentes países e sob os mais diferentes regimes têm produzido inúmeros exemplos, sendo observável que o progresso tecnológico tem possibilitado sua aplicação cada vez em maior escala mesmo se, de maneira geral, o enfoque econômico suplanta largamente o social.

As áreas urbanas dos países em desenvolvimento têm apresentado incontáveis problemas relacionados ao meio ambiente, sobretudo devido ao seu crescimento desordenado e à ausência quase completa de planejamento na orientação de seu desenvolvimento, como anteriormente apontado. Só muito recentemente é que o clima tem se configurado como elemento do planejamento urbano, principalmente a partir do momento em que a poluição gerada em tais ambientes, e sua estreita ligação com a dinâmica atmosférica, passou a chamar a atenção de planejadores. Os resultados verificados para a cidade de Londrina indicam um necessário reordenamento do espaço e da dinâmica urbana, visando atenuar problemas graves relacionados às condições climáticas que se formam nessa cidade.

A vegetação, enquanto fator climático, manifesta sua influência em todas as escalas de grandezas climáticas, tendo implicações desde a formação do questionável efeito-estufa planetário até a derivação de ambientes microclimáticos naturais, rurais ou urbanos. A flora desempenha, assim, importantíssimo papel no balanço de energia, particularmente no caso de cidades tropicais com expressiva continentalidade, como é o caso da cidade de Londrina. Os estudos relativos ao clima urbano elaborados até o presente destacaram repetidamente a importância dos espaços verdes dentro das áreas urbanas, notadamente como regulador das amplitudes termo-higrométricas, geradoras de desconforto térmico. Na identificação do clima urbano de Londrina, tanto no âmbito do *boundary* quanto do *canopy layer*, a participação das poucas e pontuais áreas verdes da cidade na configuração dos ambientes climáticos foi notável.

A urbanização é um processo que se desenvolveu em detrimento de espaços verdes, quanto mais tardiamente ela se iniciou e se acelerou. Os países em desenvolvimento atestam um processo muito recente de urbanização desordenada, sendo que suas cidades apresentam elevados níveis de degradação ambiental decorrente da escassez de áreas verdes urbanas, da intensa circulação de veículos automotores e da elevada concentração de edificações, equipamentos e pessoas em pequenas áreas, dentre outras inúmeras causas. Retirou-se muito rapidamente a cobertura vegetal da paisagem natural ou rural na zona tropical nos últimos quarenta anos, e foram implantadas áreas urbanas sobre sítios muitas vezes inadequados à sua instalação. A rápida degradação do ambiente destas, e da qualidade de vida no seu conjunto, comprovam a insensatez das instâncias de poder que privilegiaram o progresso econômico em detrimento do social.

A contenção da degradação ambiental, particularmente da miséria social como parte daquela, se constitui num primeiro passo para a melhoria das condições de vida da sociedade urbana; a urgência do planejamento urbano, em países como o Brasil, nunca se fez tão clara. Todavia, o ato de planejar, ou orientar o desenvolvimento urbano de uma localidade, é uma atividade muito recente enquanto perspectiva da ação de instituições ligadas à gestão das cidades no mundo tropical. O seu início se deu em meados do século passado em alguns países da Europa, notadamente na Inglaterra, França e Alemanha e ganhou pleno emprego a partir da Segunda Guerra Mundial. Nos países em desenvolvimento, foi somente a partir da década de sessenta que a noção de planejamento se repercutiu; ainda assim, pouquíssimas áreas foram submetidas à intervenção segundo planos pré-estabelecidos.

Tabela 2**AMBIENTES CLIMÁTICOS INTRAURBANOS DE LONDRINA/PR****MAGNITUDES MÁXIMAS E HORÁRIOS DE OCORRÊNCIA DA T_{u-r} (IC e IF)****INVERNO/1992 – VERÃO/1993**

Matutina		VERÃO			INVERNO		
I	IC	9,8°C	Noturna	STc*	5,7°C	Noturna	SPa*
	IF	-4,7°C	Vespertina	Nus/Secos	-0,8°C	Matutina	Cob./Secos
II	IC	13,3°C	Noturna	SPa/FF	4,3°C	Noturna	SPa/FF
	IF	-2,4°C	Matutina	Nus/Secos	-	-	-
III	IC	3,5°C	Matutina	SPa	4,4°C	Vespertina	SPa
	IF	-3,1°C	Vespertina	Nus/Secos	-0,4°C	Noturna	Cob./Secos
IV	IC	8,1°C	Noturna	STc	3,8°C	Matutina	SPa
	IF	-3,8°C	Vespertina	Nus/Secos	-2,4°C	Noturna	Cob./Secos
V	IC	5,4°C	Vespertina	Sta	6,2°C	Noturna	STc
	IF	-2,4°C	Matutina	Nus/Secos	-	-	Cob./Secos
VI	IC	5,4°C	Noturna	STa/FQ	4,4°C	Matutina	SPa
	IF	-2,1°C	Matutina	Nus/Úmido	-0,2°C	Matutina	Cob./Secos
VII	IC	7,6°C	Noturna	STc	3,2°C	Matutina	SPa
	IF	2,8°C	Matutina	Nus/Secos	-0,5°C	Noturna	Cob./Secos
VIII	IC	5°C	Vespertina	STa/FQ	5,1°C	Matutina	STa
	IF	-2,9°C	Noturna	Nus/Úmido	-0,9°C	Noturna	Cob./Secos
IX	IC	5,4°C	Noturna	STa	6°C	Matutina	STa
	IF	-3,1°C	Matutina	Nus/Secos	-1,8°C	Vespertina	Cob./Secos
X	IC	3,5°C	Noturna	SPa/FF	4°C	Noturna	STa
	IF	-3°C	Vespertina	Nus/Úmido	-3,2°C	Vespertina	Cob./Secos
XI	IC	3,4°C	Noturna	STa	5°C	Vespertina	STa
	IF	-3,2°C	Matutina	Nus/Úmido	-1,1°C	Matutina	Cob./Secos
XII	IC	5,5°C	Vespertina	STa/FQ	5,8°C	Matutina	STa
	IF	-4,2°C	Matutina	Nus/Úmido	0,6°C	Noturna	Cob./Secos
XIII	IC	4,9°C	Vespertina	STNa	6,6°C	Matutina	STa
	IF	-4,3°C	Matutina	Nus/Úmido	-2,5°C	Noturna	Cob./Secos
XIV	IC	10,8°C	Vespertina	STc	6,9°C	Vespertina	SPa/FF
	IF	-4,6°C	Matutina	Nus/Secos	-	-	Cob./Secos
XV	IC	9,9°C	Vespertina	STc	5,8°C	Noturna	SPa
	IF	-6°C	Matutina	Nus/Úmido	-0,1°C	Matutina	Cob./Secos

*Coluna relativa à situação sinótica e características dos solos rurais.

Os tipos de cidades criadas no âmbito do planejamento urbano, desde a cidade ideal industrial à cidade pós-moderna, ressaltaram a importância da instalação de espaços verdes no âmbito das áreas urbanas como fatores físicos e psicológicos da manutenção do bem-estar social. Desde o final do século XIX as teorias de urbanização têm se pautado na criação de jardins e parques urbanos como meio de melhorar a qualidade de vida na cidade. No início do século XX, por exemplo, Loudon (Apud Debié, op. cit. 46), defendendo os espaços verdes de Paris, colocou que “a preservação de algumas dessas reservas é tão essencial às classes pobres da metrópole quanto às ricas. Às primeiras elas proporcionam a saúde, o exercício e a distração. Entre as segundas, elas produzem e encorajam o amor ao campo e aos esportes que aí se pratica (...)”. Enquanto naquela cidade debates eram travados pela criação de novos parques, na Alemanha e Inglaterra os mesmos já proporcionavam excelentes efeitos na qualidade de vida urbana.

Há muito que Berlim se constituiu num exemplo de criação de espaços verdes no tecido urbano (jardins populares funcionalistas) e, mesmo no difícil período entre guerras, os desempregados foram utilizados na criação de novos parques populares, criando cerca de 600 hectares distribuídos em seis parques (Dedié, op. cit.). Londres iniciou a construção de seu cinturão verde a partir dos anos quarenta e Viena possui um dos maiores índices europeus de área verde por habitante – 25m² (Claval, 1981; Debié, op. cit.). Curitiba, no Brasil, é um dos poucos exemplos de cidades que apresentam boa quantidade de áreas verdes em relação ao número de habitantes.

O modelo de cidades, ou partes de cidades (notadamente a porção central), que se proliferou nos países em desenvolvimento foi levemente inspirado nas concepções de Frank Loyd Wright, ou, em alguns casos, na sua combinação com o de Le Corbusier. O que se observa é uma difusão generalizada de cidades com CBDs urbanos de elevada densidade e verticalidade, nos quais os espaços verdes são exíguos ou inexistentes, e a degradação ambiental e queda de qualidade de vida, uma constante. A cidade de Londrina, como se viu, é um claro exemplo desta lógica de desenvolvimento urbano.

Os planos elaborados para o desenvolvimento urbano londrinense, antecedentes à Constituição de 1988, estiveram ligados muito mais ao estabelecimento de critérios para a expansão da cidade, notadamente ao zoneamento da expansão urbana, que à criação de ambientes intraurbanos de boa qualidade. A expressiva especulação fundiária no âmbito do município gerou um tecido urbano com exacerbada verticalização na área central, além de inúmeros espaços vazios na área pericentral e periférica, segregação espacial da população e vários processos de favelamento; a área rural circunvizinha é completamente desprovida de formações vegetais de porte arbustivo ou arbóreo.

A identificação dos ambientes climáticos no âmbito da área urbana de Londrina comprovou a forte influência de sua urbanização desordenada na formação de condições desagradáveis ao desenvolvimento das atividades humanas, e mesmo maléficas à vida. A situação da cidade em meio a uma região agrícola de intensa produtividade com duas safras anuais, e a existência de poucas áreas verdes (rurais e urbanas), além da sua localização geográfica (tropical continental), das características do seu sítio e notadamente de sua urbanização, favorecem à formação de ICs e IFs de forte intensidade. A magnitude das diferenças térmicas e higrométricas entre a cidade e a zona rural observada é, por vezes, mais intensa que aquelas de áreas metropolitanas como a cidade de São Paulo, onde os efeitos negativos da urbanização foram evidenciados em vários estudos.

O acirramento da crise socioeconômica brasileira e mundial observado nas últimas décadas e a migração campo-cidade apontam, sobretudo, para a intensificação da urbanização e, conseqüentemente, da degradação do ambiente urbano, e Londrina não foge a este contexto socioeconômico e político. A rápida expansão da cidade nestes seus sessenta anos de existência permite hipotetizar que o seu futuro próximo será também marcado pela continuidade do seu processo de expansão urbana. Somente um plano detalhado de desenvolvimento da área urbana, considerando a formação da área metropolitana Londrina-Cambé-Ibiporã, elaborado por uma equipe de caráter multidisciplinar e multi-institucional, e implementado pelo poder público local, poderá dotar a cidade de condições de vida menos problemáticas à população num futuro próximo. Do ponto de vista do clima urbano de Londrina, algumas sugestões foram levantadas nesta pesquisa e, apreciadas no âmbito de uma tal equipe de planejamento, poderão se constituir em diretrizes para um plano de desenvolvimento e expansão da área metropolitana.

É no âmbito da referida equipe de planejamento que se definirá a precisa delimitação das áreas sugeridas. No presente estudo indica-se somente a caracterização e distribuição espacial das mesmas, pois elas se constituem em fatores necessários à contenção e melhoria da comprovada degradação ambiental urbana londrinense. Tais sugestões, genericamente inspiradas nos quatro pontos apresentados por Le Corbusier (ou Jeanneret, 1992: 257-258) para o melhoramento do centro das cidades, são:

a) A *descentralização da construção de edificações verticais da área urbana de Londrina* se constitui no mais importante aspecto a ser previsto no planejamento de sua expansão. A acentuada proliferação de edifícios elevados no CBD ampliado de Londrina, notadamente no espaço compreendido entre as avenidas JK, Leste-Oeste e via Expressa, e a conseqüente redução de áreas verdes – expansão da impermeabilização do solo – alteraram profundamente

o balanço de energia e o ciclo hidrológico no local. O elevado sombreamento de alguns pontos na estação de inverno, a redução da evapotranspiração e a elevação da amplitude térmica nesta área tem atestado a ocorrência de ICs (9°C e 10°C) e IFs ($-7,4^{\circ}\text{C}$) de magnitudes elevadas no local, além de baixa umidade relativa, o que causa considerável desconforto térmico. A elevada densidade de edificações residenciais e comerciais é acompanhada pela concentração de equipamentos urbanos. O funcionamento desses equipamentos, notadamente maquinarias, libera calor ao ambiente mais próximo e acentua, por consequência, o aquecimento da cidade. Na estação de verão isto pode ser mais observado, pois, para atenuar o típico calor sazonal, os aparelhos de refrigeração de ar são utilizados ao máximo. A densidade demográfica desta área, a mais forte da cidade, também influencia no seu maior aquecimento, pois a liberação de calor fisiológico da intensa circulação de pessoas ali é bastante importante durante o dia.

b) Deve-se *fomentar o desenvolvimento do transporte coletivo em detrimento da utilização de veículos particulares*, além da criação de mecanismos que promovam a redução do fluxo de automóveis na área do CBD ampliado de Londrina. As ruas relativamente estreitas do centro da cidade, ladeadas por paredões de edifícios, concentram o calor e a poluição liberada pelos automóveis, notadamente em situações de tempo com ventos calmos. A utilização de veículos cujos combustíveis sejam menos poluentes ou com filtros de ar especiais também é indicada, porém uma tal medida coloca-se numa esfera muito mais ampla que a instância municipal, dificultando a implementação de uma tal sugestão. Nada impede, entretanto, que se discuta a viabilidade da implantação de veículos elétricos no que concerne aos veículos de transporte coletivo, pelo menos no centro da cidade.

c) *Estímulo ao desenvolvimento de uma arquitetura que coloque o aspecto paisagístico em destaque*, o que permitirá a construção de edificações residenciais, comerciais, industriais e de prestação de serviços com refrigeração natural. Redução e controle do uso de equipamentos elétricos na área central da cidade, notadamente em situações com tipos de tempo de calmaria de verão. Redução e controle da construção de edificações com exteriores em vidro, pois tal tipo de arquitetura origina verdadeiras estufas em ambientes fechados.

d) *Ampliação e criação de espaços verdes em toda a área urbana da aglomeração Londrina-Cambé-Ibiporã*. A obediência e fiscalização à legislação federal relativa às áreas verdes por parte do poder público municipal das três cidades que formam a metrópole londrinense, notadamente do Código Florestal de 1965, já seria um grande passo para a produção de um ambiente mais sadio na área urbana e regional em questão. A escassez de espaços verdes na porção

centro-norte da área urbana de Londrina é um dos principais fatores da formação de condições climáticas de desconforto térmico na cidade. A segregação espacial que se produziu objetivamente na cidade gerou uma porção sul com melhor qualidade ambiental que a norte; portanto, é mais nesta que na outra, pela maior concentração de trabalhadores, que o poder público municipal deve instalar parques públicos que permitam o lazer e a prática de esportes gratuitamente. O exemplo dado pelas cidades alemãs e inglesas não é utopia e depende, sobretudo, de vontade política, pois vivendo melhor, o trabalhador também produzirá melhor.

É sabido que a criação de áreas verdes públicas dentro de cidades enfrenta fortes obstáculos, notadamente em áreas onde a especulação fundiária é imponente, como é o caso de Londrina. Entretanto, não descartando a importância de tal discussão, a mesma foge à dimensão deste trabalho, devendo ser solucionada no âmbito do poder público, da iniciativa privada e das entidades de representatividade social dos municípios envolvidos.

A zona rural regional, por sua vez, é completamente desprovida de formações florestais, como se observou. A participação de tais áreas na acentuação da formação de condições climáticas desagradáveis na área urbana de Londrina é bastante forte, como se identificou. Assim, é imperativo que se implante imediatamente espaços verdes nas áreas rural e urbana da metrópole londrinense, visto que se constituem “numa necessidade essencialmente física, úteis à cidade enquanto purificadores da atmosfera”, produtores de oxigênio, aeradores do tecido urbano e locais de recreação (Pelletier et Delfante, 1994: 165).

“Os planejadores definem uma estimativa demográfica para cada tipo de parque: 500.000 para um parque metropolitano, 100.000 para um parque municipal, 10.000 para um ‘square’, por exemplo” (Debié, 1992: 19). Baseado nesta estimativa e na comprovada formação de condições climáticas desagradáveis, e mesmo maléficas ao ser humano na área urbana de Londrina, propõe-se a ampliação de seus espaços verdes atuais e a implantação de inúmeros outros. A proposta de planejamento para o desenvolvimento urbano de Londrina foi também inspirada nos dois princípios de *plano verde* comentados por Pelletier et Delfante (1994:166). Tais princípios “visam construir uma trama continua decomposta em elementos secundários e principais permitindo caminhadas através da cidade, repartição dos parques, ‘squares’ ou jardins de maneira a que todo habitante possa encontrar um na sua proximidade”.

Na área central de Londrina, devido à dificuldade de implantação de novas áreas verdes ante à expressiva densidade de edificações, sugere-se uma melhoria na arborização de ruas, quintais e praças públicas. O repovoamento e proteção das matas galerias e de nascentes, das vertentes com

inclinação superior a 45° (ou 100%) e os topos do relevo não foram completamente mapeados, porém estas áreas, mais do que sugestão desta pesquisa, constituem-se em obrigatoriedade segundo legislação (Código Florestal Brasileiro, 1965). Os espaços verdes propostos se enquadram todos dentro da perspectiva de funcionalidade dos parques públicos alemães.

e) *Represamento de partes de alguns cursos hídricos*, formando lagos como os atualmente existentes na porção centro-sul da cidade. A maioria dos lagos propostos se encontra dentro dos espaços verdes sugeridos para implantação e, além da recreação por eles permitida à população, sua influência na umidificação atmosférica permitirá consideráveis melhorias nas condições de vida, pois atenuarão os efeitos da continentalidade climática regional.

f) No tocante à *localização industrial*, sugere-se que as indústrias que lançam dejetos na atmosfera e provocam a poluição do ar sejam instaladas nas porções noroeste, oeste e sul da área urbana metropolitana. Em tal localização elas serão menos nocivas à saúde do cidadão, pois os ventos predominantes na região (de direção leste, nordeste e norte) impedirão que o ar por elas poluído atinja a cidade.

NOTAS CONCLUSIVAS

O intenso êxodo rural que se observou após os anos cinquenta nos países tropicais deu origem a um acelerado e desordenado processo de urbanização. Em tais países a formação de extensas áreas metropolitanas, além de uma expressiva rede de cidades grandes, médias e pequenas, no caso do Brasil, tem atraído estudiosos das mais diferentes disciplinas para os problemas decorrentes da aglomeração humana nos pequenos espaços representados pelas cidades.

A abordagem predominantemente meteorológica dos estudos de climas urbanos elaborados até bem recentemente, inclusive por geógrafos, tem revelado a necessidade do aprofundamento de tais estudos na identificação dos fatores determinantes da configuração do clima da cidade. Somente assim é que a tão almejada contribuição do clima ao planejamento urbano poderá se dar de forma mais pragmática, pois a acentuada degradação do ambiente urbano, notadamente nos países não desenvolvidos, e a consequente queda da qualidade de vida nos mesmo, exige uma efetiva intervenção na orientação do desenvolvimento das cidades.

É sobre cidades grandes e áreas metropolitanas que se encontra o maior número de estudos voltados à problemática ambiental urbana, pois são estas

as localidades onde a qualidade de vida apresenta os exemplos de mais acentuada degradação. As cidades de porte médio e pequeno também apresentam ambientes deteriorados, porém, o estudo dos mesmos começa muito lentamente a ganhar importância na atualidade.

A elaboração de uma metodologia para o estudo do clima urbano de cidades de porte médio e pequeno e sua aplicação ao estudo de caso da cidade de Londrina, cidade de porte médio a grande, localizada no norte do estado do Paraná sob o trópico de Capricórnio, revelou os seguintes aspectos:

- A utilização de equipamentos simples (termo-higrômetros de leitura direta instalados em miniabrigos móveis de madeira) para o levantamento de dados, associados àqueles produzidos por estações meteorológicas oficiais, possibilita o desenvolvimento de tais estudos. Ainda, e dependendo das condições financeiras e oportunidades do pesquisador ou equipe, o emprego de imagens de satélite pode em muito auxiliar na análise do fato em estudo.

- A variação hipsométrica da área urbana de Londrina revelou-se como um importante fator a influenciar a conformação do clima da cidade, pois observou-se que as localidades genericamente mais aquecidas são aquelas localizadas na porção mais elevada do relevo local, destacando-se o CBD e a porção norte-noroeste da cidade. Da mesma maneira que a hipsometria, a exposição das vertentes do relevo evidenciou um maior aquecimento das faces expostas em direção genérica norte, enquanto aquelas de direção sul foram menos aquecidas; a dinâmica dos ventos de superfície revelou importante participação no clima urbano, ora dissipando ora intensificando a formação de ilhas de calor ou de frio urbanas.

- Os mais expressivos fatores a atuarem na determinação do clima urbano de Londrina estão ligados às atividades humanas regional e urbanas; à atividade agrícola e à urbanização, respectivamente. O processo de colonização regional baseado na cafeicultura provocou o completo desmatamento da área e a implantação de um sistema urbano-viário do qual Londrina foi fundada para ser a capital. As práticas agrícolas adotadas após a modernização da agricultura deixam os solos argilosos e escuros que compõem a *terra-roxa estruturada*, desnudos nos dois períodos de entressafras anuais. Estes, quando secos e nus e sob céu claro, possuem uma baixa inércia termal em relação aos espaços verdes da cidade, acentuando o fluxo de calor sensível e o aquecimento da camada de ar que sobre eles se forma. Ao contrário, quando cobertos ou nus e úmidos, possuem elevada inércia termal e maior fluxo de calor latente em relação à cidade, gerando, nos dois casos, a formação de ICs e IFs sobre aquela.

Uma vez que todo o norte do estado do Paraná se encontra coberto por cultivos, onde duas safras anuais, a participação da inércia termal dos solos

rurais na formação dos climas urbanos da área é um dado fundamental para a compreensão dos mesmos. Assim, no estudo do clima urbano de cidades de porte médio e pequeno, é fundamental que se cartografe o uso do solo das circunvizinhanças da cidade, do mesmo modo que a observação do calendário agrícola regional e a utilização de dados coletados sobre as superfícies rurais.

- Embora o emprego de imagens de satélite seja considerado como facultativo na elaboração de tais estudos, notadamente devido ao seu custo elevado, ele pode trazer grande contribuição à identificação da participação da inércia termal dos solos rurais na configuração do clima urbano. Mesmo se os dados fornecidos pela Estação Agrometeorológica do IAPAR (Instituto Agrônomo do Paraná) possibilitaram a observação da diferenciação térmica entre as diferentes superfícies da região de Londrina, foi somente com o emprego de uma imagem Landsat5 TM que se tornou possível a observação de sua espacialização. O tratamento digital da mesma evidenciou uma diferença de cerca de 15°C entre as áreas urbana e rural, uma das mais expressivas magnitudes observadas até o presente em tal tipo de estudo.

Estas constatações conduzem à conclusão de que toda cidade média e/ou pequena situada em meio a regiões de forte produtividade agrícola e destituídas de espaços verdes possuem forte determinação de seu clima urbano no entorno rural circunvizinho. Nas áreas urbanas tropicais de solos escuros e compactados e sujeitas a duas safras anuais, as amplitudes termohigrométricas apresentarão forte intensidade e gerarão consideráveis condições de desconforto térmico.

Os pouco expressivos espaços verdes do CBD londrinense, aliados à concentração de edificações verticais, asfaltamento, intensa circulação de veículos e pessoas, posição elevada no relevo regional e exposição norte de vertentes atestam a ocorrência ali das mais expressivas T^{u-r} e UR^{r-r} observadas no estudo de caso. Além dos atributos daquele espaço, o seu dinamismo decorrente da função comercial, prestadora de serviços, residencial do CBD (intenso fluxo de veículos e pessoas e funcionamento de equipamentos de refrigeração no verão – gerando calor antropogênico) também acentua a formação ali de ICs e IFs de expressiva magnitude.

Os dados evidenciaram a formação do perfil térmico urbano de Londrina muito próximo àquele hipotetizado por Oke (op. cit.), pois muitas vezes o *peak* (positivo ou negativo) coincidiu com a área mais urbanizada da cidade; o mesmo acontecendo no âmbito dos setores. Os espaços verdes urbanos, embora poucos, se configuraram em verdadeiras descontinuidades do *plateau*, desempenhando importantes *efeito oásis* e *efeito parque* no clima urbano.

Entretanto, a elaboração da detalhada cartografia do ambiente urbano e a sequencial setorização do mesmo, tomadas como atividades primeiras no desenvolvimento do estudo de caso de Londrina, revelou-se de fundamental importância para o que se pôde produzir em termos do conhecimento detalhado da configuração climática derivada. Foi, ainda sobretudo a partir desta técnica que o levantamento de sugestões visando o planejamento do desenvolvimento urbano da aglomeração Londrina-Cambé-Ibiporã tornou-se possível.

As sugestões, levantadas como contribuições do estudo do clima ao planejamento urbano da referida localidade, apontam para a necessária reordenação de loteamentos, padrão de edificações, fluxo de veículos e concentração de equipamentos, notadamente na área do CBD londrinense. Sobretudo, aponta a necessidade de uma urgente ampliação e implantação de espaços verdes e reservatórios (pequenos lagos) no âmbito da área urbana, pois a brutal devastação das matas da região e a carência de áreas verdes urbanas associadas à intensa densificação dos espaços construídos expõem os cidadãos a condições de vida cada vez mais difíceis.

NOTAS

1. Este texto é resultante da tese de doutorado do mesmo autor, defendida na Universidade de São Paulo em maio de 1995 sob o título "O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno: Proposição metodológica para estudo e sua aplicação à cidade de Londrina/PR". Ele foi publicado pela primeira vez conforme Mendonça (2000), sendo que a presente versão encontra-se alterada em relação àquela, tendo sido acrescida de maior detalhamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARLOS, A. F. A. "Repensando a geografia urbana". *Revista do Departamento de Geografia*. São Paulo, n. 6, 119-22, 1992.
- CLAVAL, P. *La logique des villes*. Paris: Litec. 1981.
- DANNI, I. M. *Aspectos temporoespaciais da temperatura e umidade relativa em Porto Alegre em janeiro de 1982: contribuição ao estudo do clima urbano*. São Paulo, 1987. 2 vs. Dissertação Mestrado/USP.
- DEBIE', F. *Jardins de capitales. Une géographie des parcs et jardins publics de Paris, Londres, Vienne et Berlin*. Paris: Editions du CNRS, 1992. 299 p.
- HENDERSON-SELLERS, A; ROBINSON, P. J. *Contemporary climatology*. New York: John Wiley & Sons, 1989.

- IMAMURA-BORNSTEIN, I. R. *Observational studies of urban heat island characteristics in different climate zones*. Tsukuba, 1991. Phd Doctors These – University of Tsukuba.
- IMAMURA-BORNSTEIN, I. R. and BORNSTEIN, R. D. *Review of urban climate and dispersion*. U.S.Army: Atmospheric Sciences Laboratory, Fev. 1992.
- JEANNERET, CH.-E. (Le CORBUSIEUR). “Le centre des grandes villes et le modernisme.” In: Roncayolo, M. et Paquot, T. (org.). *Villes et civilisation urbaine XIX et XX siècle*. Paris: Larousse, 1992. p. 255-61. (Collection Textes Essentiels).
- LOMBARDO, M. A. *Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo*. São Paulo: Hucitec, 1985.
- MENDONÇA, F. A. *O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno: Proposição metodológica para estudo e sua aplicação à cidade de Londrina/PR*. São Paulo: FFLCH/USP, 1995. Tese de Doutorado – USP.
- _____. “O clima urbano de cidades de porte médio e pequeno: Aspectos teórico-metodológicos e estudo de caso”. In: SANTANNA NETO, J. L. e ZAVATINI, J. A. (Orgs.). *Mudanças climáticas: Implicações no desenvolvimento socioeconômico e na dinâmica natural – perspectivas para o século XXI*. Maringá/PR: Editora da UEM, 2000.
- MONTEIRO, C. A. F. *Teoria e clima urbano*. São Paulo: USP, 1976. 181 pgs. (Série Teses e Monografias, n. 25).
- _____. *A questão ambiental no Brasil: 1960-1980*. São Paulo: USP, 1981.
- _____. “El estudio de los climas urbanos en las regiones tropicales de America del Sur: la contribucion brasileña”. *Conferencia tecnica sobre climatologia urbana y sus aplicaciones con especial referencia a las regiones tropicales*. Mexico, OMM, 1984. _____. “A interação homem-natureza no futuro da cidade”. *GeoSul*, v. 7, n. 14, p. 07-48, 1992.
- MONTEIRO, C. A. F. e TARIFA, J. R. “Contribuição ao estudo do clima de Marabá: uma abordagem de campo subsidiária ao planejamento urbano”. São Paulo: USP, 1977. (Climatologia, n. 7).
- OKE, T. R. *Boundary layer climate*. London: Methuen & CO, 1978.
- PELLETIER, J.; DELFANTE, Ch. *Villes et urbanisme dans le monde*. Paris: Masson, 2ème edition, 1994.
- PITTON, S. E. C. “O comportamento térmico da cidade de Rio Claro (SP): Contribuição ao estudo do clima urbano das cidades tropicais”. In: Encuentro de geógrafos de América Latina. *Memoria del...*, Universidad Autonoma del Estado de México, t.2, p. 327-37, 1991.
- SAMPAIO, A. H. L. *Correlação entre uso do solo e ilhas de calor no ambiente urbano: o caso de Salvador*. São Paulo, 1981. Dissertação de Mestrado – USP.
- SANTOS, M. *Manual de geografia urbana*. São Paulo: Hucitec, 1981.
- _____. *Metamorfoses do espaço habitado*. São Paulo: Hucitec, 1991.
- _____. *A Urbanização Brasileira*. São Paulo: HUCITEC, 1993.
- SEABRA, O. C. L. “A problemática ambiental e o processo de urbanização no Brasil”. *Polis*, n. 3, p. 15-21, 1991.
- TARIFA, J. R. “A análise topo e microclimática e o trabalho de campo – O caso de São José dos Campos”. São Paulo: IGEO/USP, 1981. (Climatologia, 11).

O CLIMA URBANO DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO¹

Ana Maria de Paiva Macedo Brandão²

A preocupação com a qualidade do ambiente urbano remonta ao período da Revolução Industrial, em virtude do estado de deterioração dos aglomerados industriais que se desenvolveram, principalmente, na Inglaterra, na França e na Alemanha. Isso justifica a preocupação pioneira do inglês Luke Howard e do francês Emilien Renou, desde o início do século XIX, com o estudo do clima das cidades de Londres e Paris, cujas temperaturas se mostraram 2°C e 1°C, respectivamente, mais elevadas em comparação com seus arredores, mais frescos (Gomez et al., 1993).

O processo de ajustamento do homem às condições do meio e da transformação destas condições por suas atividades para atender as necessidades de conforto e bem estar tem sido, historicamente, uma relação de harmonia e de conflito, contudo sem causar impacto ambiental significativo, pelo menos até o início do período da Revolução Industrial. A partir deste período a expansão populacional, a utilização dos recursos naturais e a industrialização registraram ritmo surpreendente de crescimento, mas foi a partir do século XX que as atividades humanas tiveram atuação decisiva na mudança de composição da atmosfera, principalmente em função da atividade industrial. Enquanto esta aumentou cerca de vinte vezes no século XX, o atual consumo de combustíveis fósseis é trinta vezes maior do que em 1900 (e a maior parte deste consumo se deu a partir de 1950), fato que demonstra a rapidez do processo de urbanização mundial e seu crescente impacto sobre a atmosfera e o meio ambiente (CIMA, 1991).

É justamente na cidade que a ação do homem se faz com intensidade máxima. Nela o ritmo e a magnitude de produção e armazenamento de calor são profundamente alterados e diferenciados daquele da zona rural. As

instalações industriais, a circulação de veículos automotores, a retirada da cobertura vegetal, o revestimento dos solos e a pavimentação de vias de circulação, as modificações na topografia são algumas das interferências no sítio urbano original, que alteram o balanço energético e o balanço hídrico da cidade e acabam por gerar ambientes climáticos, na maioria das vezes, inconvenientes ao pleno desempenho das funções urbanas. Os diferentes graus de derivação no organismo urbano, em sua maioria negativos, geradores de problemas socioambientais de diversas ordens, dependendo do tamanho e complexidade da cidade, refletem a desorganização e a inadequação de usos do solo para atender, satisfatoriamente, às necessidades básicas da população.

A cidade gera um clima próprio (clima urbano), resultante da interferência de todos os fatores que se processam sobre a camada de limite urbano e que agem no sentido de alterar o clima em escala local. Seus efeitos mais diretos são percebidos pela população através de manifestações ligadas ao conforto térmico, à qualidade do ar, aos impactos pluviais e a outras manifestações capazes de desorganizar a vida da cidade e deteriorar a qualidade de vida de seus habitantes (Monteiro, 1976).

As alterações no balanço de energia são apontadas, por Landsberg (1981), como resultantes das transformações que o processo de urbanização gera na superfície, em relação às propriedades radiativas, térmicas, aerodinâmicas e de umidade. A “ilha de calor” representa o fenômeno mais significativo do clima urbano e sua intensidade depende das condições micro e mesoclimáticas locais de cada cidade. Assim, é necessário pesquisar o desempenho das diversas edificações e usos do solo, da morfologia, dos materiais de construção, do desmatamento, dentre outros, como fatores condicionantes na geração do clima urbano.

Os parâmetros naturais do ambiente têm suas propriedades físicas bastante alteradas, como, por exemplo, o albedo, em função dos materiais que predominam na segunda natureza do urbano. Vários estudiosos do clima urbano apontam as principais causas para a formação da ilha de calor (Chandler, 1961, 1962, 1965; Landsberg, 1956; Bornstein, 1968; Dettwiller, 1970; Peterson, 1973; Terjunk, 1974; Schmidt, 1974; Eagleman, 1974; Jauregui, 1984; Oke, 1970, 1978, 1981, 1982; Oke et al. 1991; Lombardo, 1985; Monteiro, 1976, 1878, 1984, 1990; Maitelli, 1994; Sakamoto, 1994; Mendonça, 1994; Brandão, 1996; Danni-Oliveira, 1999): a maior capacidade de estocagem de calor em função das propriedades dos materiais de construção da cidade; a redução do fluxo de calor latente e o aumento do calor sensível em função da reduzida superfície líquida e de áreas verdes na área urbana, resultando em diminuição da umidade e menor evaporação; a redução do *sky view factor* por elementos urbanos

(edifícios) resultando em menores perdas de radiação de ondas longas nas ruas e *canyons* urbanos contribuindo para o aumento de ocorrência de inundações urbanas provocadas, em parte, pela impermeabilização do solo e de episódios de poluição atmosférica, uma vez que a geometria dos prédios produz o aprisionamento do ar e uma superfície de grande aspereza.

Em países em desenvolvimento, como o Brasil, onde a falta de planejamento engendra formas de industrialização e de urbanização desordenadas, estimulando o êxodo rural e o “inchaço” das cidades, os problemas ambientais urbanos passaram a alcançar dimensões assustadoras, principalmente a partir da segunda metade do século XX. Das doze maiores cidades do mundo com mais de treze milhões de habitantes, dez delas situam-se em países menos desenvolvidos, cinco das quais na América Latina, onde os problemas de contaminação atmosférica apresentam-se bastante críticos.

Lamentavelmente o ritmo do crescimento da população mundial não vem acompanhado por níveis similares de melhoria das condições sanitárias, de higiene, de saúde, de habitação e de alimentação como direito de todo cidadão. (White, 1974; Monteiro, 1981; Bruce, 1992; Tullot, 1991; Legget, 1992; Brandão, 1996; Freter, 1998; Jepma e Munasinghe, 1998; Houghton, 1999).

Profundas mudanças ocorreram no Brasil, a partir de meados da década de 1940, em termos de transformação de uma sociedade predominantemente agrícola, até então, para uma sociedade urbano-industrial já consolidada no final da década de 1960. No modelo de desenvolvimento vigente no país, fortemente marcado pela concentração da renda e desprovido de preocupação com as questões ambientais, profunda desigualdade social já era evidenciada no final dos anos setenta.

Dos 147 milhões de brasileiros em 1991 (IBGE, 1991), quase 80% já eram urbanos, enquanto, simultaneamente, ocorreu grande decréscimo da população rural (de 39.1 milhões em 1980 para 36 milhões em 1991). A flagrante diferença entre a população urbana e a população rural revela a rapidez de urbanização do espaço nacional. O resultado do intenso processo de urbanização nesse período é um quadro de desequilíbrio populacional entre áreas rurais e urbanas, crescimento acelerado das grandes aglomerações, densidade demográfica exagerada nos centros urbanos, insuficiência de habitação e infraestrutura básica, aumento da pobreza e da população favelada, ou seja, a expressiva degradação da qualidade de vida na cidade.

As nossas oito Regiões Metropolitanas (Belém, Fortaleza, Salvador, Belo Horizonte, Rio de Janeiro, São Paulo, Curitiba e Porto Alegre) já reúnem cerca de 30% da população total do país, sendo São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte as que concentram a maior parcela da população. As duas maiores

metrópoles nacionais (São Paulo e Rio de Janeiro) constituem as mais importantes áreas metropolitanas do país, em torno das quais se expande a mais expressiva área industrial brasileira. Nelas, igualmente, se encontram os maiores níveis de renda *per capita* do país e, paradoxalmente, registram os maiores níveis de deterioração, tanto ambiental como humana (Monteiro, 1981).

O intenso processo de urbanização das Regiões Metropolitanas do país demanda investimentos em infraestrutura social, sobretudo em habitação e saneamento básico, mas o Estado continua priorizando ações nas áreas de transporte, energia e comunicação. Assim, cresce significativamente a proporção de pobres urbanos, principalmente concentrados nas periferias das áreas metropolitanas, onde a população pobre já constitui cerca de 30% da população total dessas áreas. No Rio de Janeiro este índice alcançou 41% em 1991, sendo somente ultrapassado por Salvador, Recife e Fortaleza (Rocha, 1994). O número de favelas passou de 340 para quase 600, no período 1980-2000, período no qual o número de favelados chega a quase 20% da população total do município.

Em ritmo acelerado cresce, também, a produção imobiliária ilegal, precária e transitória no espaço (Ribeiro, 1994). As metrópoles com grande concentração industrial são críticas em termos ambientais, nelas se concentrando problemas de favelização e assentamentos precários em áreas de riscos, de carência de saneamento básico, de coleta de lixo, de transporte coletivo, de poluição ambiental, de inundações, de violência, dentre outros. A grande parcela da população socialmente excluída passa a ocupar as encostas e os vales inundáveis, onde o desmatamento, o acúmulo de lixo e a ausência de esgotamento sanitário traduzem o nível de degradação ambiental a que estão submetidos.

O processo de ocupação da metrópole carioca criou sérios problemas diferenciados, ao longo do tempo no espaço geográfico, onde as questões ligadas à alta densidade demográfica, à favelização, ao saneamento básico, à circulação de veículos, à poluição, às enchentes e inundações ocupam posição de destaque e o resultado é um quadro ambiental atual crítico. Em certas áreas da cidade, estes problemas se superpõem, gerando péssimas condições de vida, com altos riscos para a população que nelas reside. Os mais expressivos exemplos de problemas ambientais críticos, reflexos da segregação espacial, são encontrados nas áreas “marginais” ocupadas por população de baixa renda, onde a carência de infraestrutura básica se traduz em alto grau de vulnerabilidade ambiental aos fenômenos naturais, em especial, aos eventos meteorológicos extremos (Brandão, 1992).

Localizada na latitude de 22°54', a cidade do Rio de Janeiro tem na posição geográfica um dos fatores de maior significado na sua definição climática. Nesta latitude a trajetória do Sol resulta em intensa insolação durante todo o

ano. Por outro lado, posiciona o Rio de Janeiro na região transicional de conflito entre os sistemas atmosféricos polares e intertropicais. Limita-se ao norte pelos municípios de Itaguaí, Nova Iguaçu, Nilópolis, São João de Meriti e Duque de Caxias; ao sul pelo oceano Atlântico; a leste pela baía de Guanabara; e a oeste pela baía de Sepetiba. Sua área territorial é de 1.255 km², que representa cerca de 3% da área total do estado, onde residem cerca de 6 milhões de pessoas ou, aproximadamente, 50% da população total do estado, o que resulta numa densidade demográfica de 4.366 hab/km².

O município do Rio de Janeiro está dividido, institucionalmente, em 5 áreas de planejamento, 30 regiões administrativas e 157 bairros, incluindo as comunidades das favelas da Rocinha, Jacarezinho, complexos do Alemão e da Maré. A área de cobertura vegetal representa, atualmente, apenas 15% da área territorial total do município, da qual 45% já estão comprometidas com o processo de urbanização (Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 1994). Apresenta relevo acidentado, com três maciços (Tijuca, Pedra Branca e Gericinó), 24 serras e 86 morros isolados. Possui cerca de 80 km de praias de uso recreativo e 440 km de rios, canais e lagoas, distribuídos em oito bacias hidrográficas. No maciço da Tijuca está situado o Parque Nacional da Tijuca, maior floresta urbana do mundo.

O sítio em que se assenta a cidade do Rio de Janeiro constitui outro fator, igualmente importante, na determinação do quadro climático local. A cidade se expandiu pela planície que recebe localmente denominações de baixada Fluminense, baixada de Santa Cruz e baixada de Jacarepaguá e, no processo de crescimento, acabou por envolver completamente os maciços litorâneos. O relevo montanhoso e as baixadas constituem os principais domínios fisiográficos da cidade que, aliados à presença da floresta e do mar, com o seu complicado quadro litorâneo, pontilhado de ilhas, baías, praias, lagoas, restingas, interagem continuamente, resultando numa paisagem de beleza singular. Porém a área é também caracterizada por problemas oriundos do crescimento urbano; este, por sua vez, complicou ainda mais a ação dos processos naturais que dão origem a catástrofes, sendo que a diversidade de sítios impõe dificuldade de implantação de infraestrutura básica (Abreu, 1992).

As características topográficas do sítio da cidade do Rio de Janeiro, aliadas às peculiaridades do seu quadro litorâneo e às diferenças geradas pela própria estrutura urbana, fazem do Rio de Janeiro uma cidade de paisagens contrastantes e, às vezes, de grande complexidade. Essa complexidade do sítio urbano carioca gera um quadro climático também complexo, uma vez que significativas variações espaciais-temporais nos atributos climáticos, em função da atuação diferenciada dos componentes geoecológicos e de uso do solo, são perceptíveis na cidade.

O cidadão urbano padece com a má qualidade de vida que a cidade lhe oferece, enfrentando problemas graves de falta de infraestrutura de água e esgoto, serviços de transportes e pavimentação viária, falta de segurança, carência de hospitais e postos de saúde, habitação e escolas, problemas estes que demandam, com prioridade, soluções urgentes. Por outro lado, o controle dos diversos tipos de poluição (do ar, da água, do solo e sonora), a disposição final dos resíduos sólidos e o provimento de áreas verdes e de lazer têm sido colocados em segundo plano pela administração pública. Outro problema é o estresse em função dos longos períodos de deslocamentos para seus locais de trabalho, em vias congestionadas e transportes insuficientes e superlotados e, ainda, em precárias condições de segurança.

O porte da cidade do Rio de Janeiro e a sua complexidade exigem a utilização de um maior número de estações meteorológicas padrão nos diferentes ambientes que caracterizam o seu sítio, para o melhor entendimento dos aspectos implicados no estudo do seu clima urbano, o que significa, no nível intraurbano, a montagem de uma rede complementar de experimentos da atmosfera alterada pelas atividades desempenhadas pelo homem, nas diferentes estações do ano e sob os mais variados tipos de condições meteorológicas.

Concordando com Monteiro (1990), a cidade deve ser tomada como “fato geográfico” em sua estruturação físico-natural de ambiente altamente “derivado” pelo homem sob uma dinâmica funcional conduzida por condicionantes econômicos.

Entretanto a distribuição espacial e a quantidade das estações meteorológicas da rede oficial na capital fluminense são insuficientes para revelar a gama de microclimas gerados pelos atributos geoecológicos e geourbanos (estes impostos pela criação do homem na cidade) e muitas delas só dispõem de dados diários de temperatura máxima e mínima e de pluviosidade acumulada, fator restritivo às pesquisas que visam melhorar o conhecimento do clima desta cidade.

No caso da cidade do Rio de Janeiro a análise dos componentes geoecológicos e da morfologia e funções urbanas, em interação com os sistemas meteorológicos atuantes em sua atmosfera, constituiu a base para a caracterização do seu clima urbano e um dos principais objetivos dessa investigação visando estabelecer as bases de conhecimento necessárias para a formulação de novas hipóteses e suscitar o aprofundamento das pesquisas com informações ampliadas – espacial e temporalmente, com procedimentos mais refinados – empregados em todas as estações do ano, e sob as mais diversas condições meteorológicas.

Para o alcance dos objetivos fez-se uso de medidas complementares, especialmente dirigidas dentro da cidade, para captar a influência de

componentes urbanos. Utilizou-se instrumentos especiais de mensuração, em pontos amostrais selecionados – com diferentes tipos de uso do solo, para os registros episódicos horários – nas estações de outono e inverno e distintas situações sinóticas, o que exigiu um cuidadoso treinamento da equipe encarregada de realizar as medições e as observações sobre a dinâmica urbana.

A abordagem do clima urbano na cidade do Rio de Janeiro requereu diferentes escalas geográficas de tratamento, exigindo objetivos específicos para cada nível escalar. Analisar as tendências climáticas anuais, sazonais e mensais com base na longa série histórica disponível para a estação meteorológica padrão representativa da zona urbana na cidade do Rio de Janeiro constituiu o principal objetivo na escala local.

No que diz respeito às escalas meso, topo e microclimática em que se subdivide o clima local, a abordagem foi conduzida com o objetivo de analisar os eventos episódicos em meses das estações de outono e de inverno, no sentido de avaliar as diferentes possibilidades de formação de ilhas de calor na cidade do Rio de Janeiro. A avaliação das situações sinóticas atuantes nos registros episódicos visaram identificar aquelas mais favoráveis à configuração de ilha de calor de maior intensidade, bem como estabelecer as relações dos aspectos geoecológicos do sítio e do uso do solo com os fenômenos resultantes: ilhas de calor e poluição atmosférica na cidade.

A proposta de síntese (Mapa de Unidades Mesoclimáticas Urbanas da Cidade do Rio de Janeiro) tem, como meta final da pesquisa, gerar subsídios para as ações do poder público e ampliar o canal de comunicação com as comunidades de bairros, que auxiliem no nível de conscientização da problemática ambiental na cidade do Rio de Janeiro e na melhoria da qualidade de vida de sua população.

Metodologia

Monteiro (1976), através de dez enunciados básicos, propôs a terminologia Sistema Clima Urbano (SCU) para denominar um sistema singular, aberto, evolutivo, dinâmico, adaptativo e passível de autorregulação, “que abrange um clima local (fato natural) e a cidade (fato social)”. A participação urbana no desempenho do Sistema Clima Urbano produz variados e heterogêneos elementos, classificados em três subsistemas através de canais de percepção humana: o termodinâmico (conforto térmico), o físico-químico (qualidade do ar) e o hidrometeorológico (impacto pluvial). Ilha de calor, poluição do ar e

inundações constituem produtos resultantes de alterações no S.C.U., o qual, ao receber energia do ambiente maior no qual se insere, a transforma substancialmente a ponto de gerar uma produção que é transmitida ao ambiente. Há, portanto, uma mobilidade temporoespacial, tanto vertical como lateral, da energia que entra no sistema climático da cidade, acrescida da produção de energia antropogênica proveniente das variadas funções urbanas. A proposta de Monteiro é, como se observa no primeiro capítulo desta obra, usada por assumir, para o estudo do clima urbano, uma conduta de coparticipação entre o homem e a natureza.

Segundo o autor, em função da abrangência do climático e do urbano, a noção de espaço inclui, forçosamente, o espaço concreto e tridimensional (planos horizontal e vertical) onde age a atmosfera, além dos espaços relativos necessários à compreensão do fenômeno urbano. Considera, ainda, relevante para a consideração da gênese do clima da cidade avaliar as topografias que possibilitam a implantação urbana tais como: convergência-divergência e continuidade-descontinuidade de seu sítio, sendo que destaca como importante a abertura a todas as escalas de tratamento espacial-temporal e diferentes graus de complexidade urbana, uma vez que o espaço urbanizado mantém relações íntimas com o ambiente regional imediato em que se insere. Citando várias cidades brasileiras, exemplifica o sítio divergente e descontínuo da cidade do Rio de Janeiro, pela complexidade da topografia acidentada, englobando vários e diferentes sítios no complicado quadro litorâneo com baía, praias, baixadas e morros isolados, aos quais se acrescentam derivações que o homem produziu no ambiente.

Há um explícito incentivo de Monteiro ao desenvolvimento de programas de pesquisas sobre o clima das cidades brasileiras, dirigidos a análises da relação geomorfológica dos sítios e modelos urbanos. No plano vertical, representou os níveis que se definem sobre a cidade, com destaque para a camada abaixo da linha dos tetos das edificações, ou seja, o *urban canopy layer* (UCL), como designou Oke (1981). As possibilidades de articulações entre sítio e edificação devem exibir, na escala do local/urbano, os diversos níveis inferiores em que se subdivide o clima local, de modo que a completa estruturação vertical da atmosfera urbana englobará todos os níveis que se definem sobre a cidade, o *urban boundary layer*, segundo a terminologia de Oke (1978).

O estudo do clima da cidade do Rio de Janeiro teve na proposta de estudo de clima urbano de Monteiro (1976 e 1990), sua principal base de sustentação teórico-conceitual e metodológica. De acordo com Monteiro (1976), o clima urbano é um sistema que abrange o clima de um espaço terrestre e sua urbanização. A consideração da importância dos componentes geoecológicos e da dinâmica urbana na caracterização do clima urbano da metrópole carioca

permeou os procedimentos adotados em todas as etapas da pesquisa, perseguindo atingir a síntese do clima urbano na cidade do Rio de Janeiro, como um dos principais objetivos da pesquisa, adotando-se para isto estratégias metodológicas específicas em cada nível escalar nas várias etapas da pesquisa.

Os dados das estações climatológicas padrão utilizados neste trabalho sobre a cidade do Rio de Janeiro foram obtidos junto às seguintes instituições: Instituto Nacional de Meteorologia, Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária S/A e Departamento de Meteorologia e Climatologia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. O mapa base do município do Rio de Janeiro, escala 1:60.000, as plantas cadastrais na escala 1:10.000, e as fotografias aéreas nas escalas 1:5.000 e 1:8.000, voos de 1984 e 1992, foram conseguidos junto ao Instituto Pereira Passos, da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, enquanto os dados de altura e azimuth do sol para os dias dos experimentos de campo foram calculados e cedidos pelo Observatório Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Em termos operacionais, e aqui apresentados de maneira bastante sintética, foram empregados procedimentos variados nos quais foram utilizadas diferentes técnicas de mensuração da temperatura do ar, da umidade relativa, dos ventos, da situação sinótica, da obstrução do horizonte (*sky view factor*) etc., sendo que a abordagem foi feita levando-se em conta tanto aspectos relativos à micro e topo escala climática, sobretudo na área central de negócios da cidade (CBD), quanto à escala local ou urbana do ambiente estudado. O clima da cidade do Rio de Janeiro foi analisado tanto em sua dimensão linear (através de transetos), quanto areolar (em isolinhas) e vertical (*canopy layer*), além de uma interessante análise relativa ao papel do sombreamento dos edifícios (verticalização urbana) na formação do clima urbano daquela cidade.

RESULTADOS E CONCLUSÕES

Estudos por mim desenvolvidos sobre o clima da cidade do Rio de Janeiro elaborados nas décadas de 1980 e 1990 (Brandão, 1987 e 1992), reforçaram a necessidade de aprofundar as investigações em diferentes escalas, espaciais-temporais, com o uso de metodologia e de técnicas apropriadas à análise do complexo clima da cidade do Rio de Janeiro, o que implicaria, necessariamente, na montagem de uma rede de estações experimentais na escala do urbano. Porém, somente na década de 90 é que um estudo detalhado, com enfoque dirigido ao clima urbano na cidade do Rio de Janeiro foi realizado, apesar dos

seus quase 450 anos de história, o que resultou numa tese de doutorado (Brandão, 1996), cujas principais conclusões estão sintetizadas a seguir.

A extensão territorial do município do Rio de Janeiro (1255 km²), a complexidade do seu quadro geoecológico e a diversidade de usos do seu solo urbano individualizam uma diversidade de ambientes, às vezes com distância espacial muito pequena, o que coloca em evidência a questão da representatividade espacial dos pontos de observação meteorológica e a importância de não se relegar o aspecto climático no contexto da cidade. Segundo Monteiro (1990), “cada ponto expressa – no momento em que foi registrado – o comportamento da atmosfera naquele dado ponto. Esta encerra, simultaneamente, em si mesmo, as componentes da circulação atmosférica regional, aquelas advindas da resposta local, ao mesmo tempo em que deve refletir algo do contexto mesoclimático definido pelas grandes linhas da topografia e, sobretudo, está intimamente comprometido com as condições microclimáticas que a edificação urbana propiciou em larga escala”. Considerando que cada ponto de observação se insere no nível microclimático, onde é maior a capacidade de alteração do homem, os valores revelados por ele são válidos e extensíveis enquanto persistirem as mesmas condições existentes, não sendo admissível a técnica de interpolação de pontos para a espacialização dos fenômenos climáticos nesta escala, como destaca Monteiro.

Levando-se em conta que em cada área amostral foram realizadas medições microclimáticas em até quatro pontos distintos, adotou-se a média desses pontos como uma medida capaz de caracterizar o atributo climático (no caso, a temperatura) expresso nos diversos ambientes urbanos, ao longo de cada transeito. Assim, a análise topoclimática foi alcançada considerando-se a média dos pontos de cada área amostral, para comparação das diferenças fundamentais entre os ambientes urbanos individualizados por transeito em que os mesmos foram agrupados, em cada experimento de campo abrangendo toda a cidade. Essas resultaram em gráficos temporoespaciais da temperatura e da umidade relativa do ar correspondentes aos três transetos, acompanhados dos respectivos perfis topourbanos. A grande vantagem desta representação temporoespacial reside no fato de oferecer uma visão do conjunto, ao longo do tempo em que se estendeu o registro de dados, permitindo facilmente apreender as diferenciações espaciais.

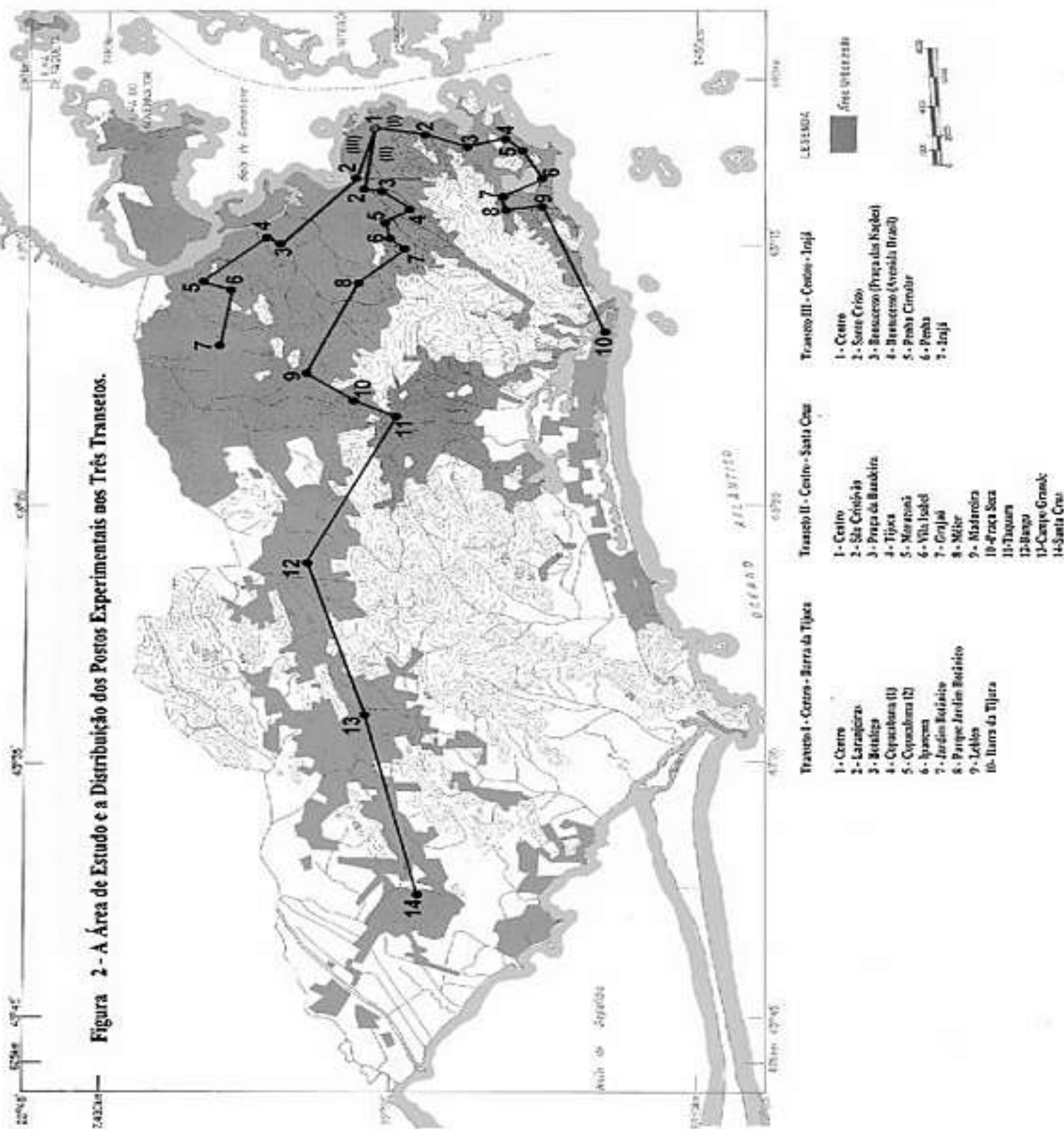
A intensidade da ilha de calor em cada experimento de campo foi definida, por transeito e para o conjunto de todos os pontos, através das diferenças térmicas relativas entre as diversas áreas mensuradas, correspondendo aos horários padrão (9h, 15h e 21h). De acordo com o que fora adotado por

Gomez et al. (1993), para a cidade de Madri, os diferentes valores encontrados para representar a intensidade da ilha de calor foram agrupados nas seguintes categorias: ilha de calor de fraca intensidade, quando as diferenças oscilam entre 0 e 2°C; ilha de calor moderada, quando as diferenças se situam entre 2 e 4°C; ilha de calor de forte intensidade, quando as diferenças oscilam entre 4 e 6°C e ilha de calor de intensidade muito forte, quando as diferenças ultrapassam 6°C.

Tomando-se por base a área onde ocorreu o menor valor de temperatura, no horário considerado, estabeleceu-se a diferença térmica entre cada área e aquele de menor valor no transeto. A maior diferença térmica encontrada em cada transeto correspondeu à intensidade máxima da ilha de calor, no referido transeto. A intensidade máxima da ilha de calor na cidade foi obtida considerando a diferença entre o valor máximo e o mínimo, no conjunto de todos os pontos dos três transetos.

A partir do perfil topourbano do transeto I – Centro – Barra da Tijuca, onde são identificados dez ambientes urbanos nos bairros Centro, Laranjeiras, Botafogo, Copacabana, Ipanema, Jardim Botânico, Leblon e Barra da Tijuca, conforme Figura 1 – nota-se que se trata de área da cidade de maior densidade demográfica e de mais intensa ocupação do solo urbano, com elevadas taxas de densidade construída, predominando, basicamente, o uso residencial-comercial. Aí são identificados locais de alta concentração e verticalização de construções, como o Centro e os bairros residenciais de Copacabana, Laranjeiras, Ipanema e Leblon. A Barra da Tijuca constitui exceção, pois sendo uma área de expansão recente do crescimento da zona sul para oeste apresenta, ainda, amplos espaços vazios, que começam a ser preenchidos, com velocidade surpreendente, por vários blocos de condomínios de mais de 10 andares. Excluindo-se o Centro da cidade, cujo uso é basicamente comercial e de serviços, os ambientes desse transeto situam-se na zona sul da cidade, acompanhando a orla marítima, entre o mar e o maciço da Tijuca, na sua vertente sul. Aí também são encontradas importantes áreas verdes, como o parque do Flamengo, o parque da Cidade e o parque Jardim Botânico. Tais características fazem desta zona a mais valorizada da cidade.

O perfil topourbano do transeto II – Centro – Santa Cruz, cruza a cidade de leste a oeste, seguindo através da vasta baixada da Guanabara, pela vertente norte dos maciços da Tijuca e da Pedra Branca. A presença do maciço de Gericinó, no limite norte do município, gera um estreitamento da planície, na baixada de Bangu, e os bairros aí localizados, como Bangu, Realengo e Campo Grande, a sotavento do maciço da Pedra Branca, sofrem a influência do



aquecimento catabático do ar, estando sujeitos a ventilação fraca ou a frequentes calmarias. Por essas características topográficas locais, são conhecidos por registrarem elevadas temperaturas. A área abrangida por este transeto representa os ambientes urbanos mais diferenciados da cidade por seus aspectos geoecológicos e de uso do solo, abrangendo os bairros: Centro, São Cristóvão, Praça da Bandeira, Tijuca, Maracanã, Vila Isabel, Grajaú, Méier, Madureira, Praça Seca, Taquara, Bangu, Campo Grande e Santa Cruz. Embora predomine o uso residencial-comercial, na grande maioria dos ambientes, o uso industrial aparece de modo expressivo em alguns bairros como São Cristóvão, Madureira, e mais recentemente a expansão industrial se dirige aos bairros da zona oeste, sobretudo Jacarepaguá, Campo Grande e Santa Cruz. A partir do Centro da cidade, onde predomina alta concentração e verticalização das construções, avançando em direção à zona oeste da cidade, esta concentração e verticalização vai se tornando sensivelmente mais reduzida. Até Madureira pode-se encontrar, ainda, alguma verticalização de edificações, com moderada densidade de construções, embora bairros como a Tijuca já se caracterizem por índices altos. A partir de Madureira até Santa Cruz, a característica marcante é a baixa concentração de construções, com o predomínio do uso residencial horizontal.

No perfil topográfico do transeto III – Centro – Irajá – são identificados 10 ambientes urbanos, incluindo o Centro, nos bairros: Santo Cristo, Bonsucesso, Penha, Penha Circular e Irajá. Aí predominam o uso residencial-industrial e a densidade de construção e verticalização é moderada até Bonsucesso, e baixa a partir daí, com predomínio do tipo horizontal.

A seguir apresentar-se-á a síntese da análise topoclimática, em especial da temperatura do ar, nos dias em que foram realizados os levantamentos de campo, sob diferentes condições meteorológicas, nas estações de outono e inverno.

O EXPERIMENTO DE CAMPO DO DIA 19 DE ABRIL DE 1994 (OUTONO)

As medições foram feitas sob condições de tempo encoberto durante todo o período, pois a cidade amanheceu sob o efeito de uma passagem frontal, de fraca atividade, devido à posição oceânica do Anticiclone Polar e seu reduzido potencial isobárico. A atuação da frente fria sobre o Rio de Janeiro resultou em elevação do teor de umidade atmosférica (87% a 93%), aumento de nebulosidade, pluviosidade de fraca a moderada (10 mm na zona oeste), declínio de temperatura (média do dia 22,9°C a 27,2°C) e predomínio de ventos de sul/sudeste de 1m/s a 4m/s. Em relação ao dia anterior, assinalou uma queda de temperatura de 6°C a 9°C, mas a passagem deste sistema se deu de

forma relativamente rápida sobre o estado do Rio de Janeiro, pois já no dia 20 a frente se deslocara para o norte do estado e o sul do Espírito Santo.

No tocante aos dados de qualidade do ar, no mês de abril/94 foram realizadas cinco amostras de partículas em suspensão pela FEEMA, sendo uma delas, a do dia 19, coincidente com o primeiro experimento de campo. Nenhuma das estações monitoradas, nesse dia, acusou violação ao padrão e os valores máximos se situaram em torno de 150 mg/m^3 em Bonsucesso e Inhaúma, em função das condições meteorológicas, favoráveis à dispersão dos poluentes.

Quanto à configuração do campo térmico, considerando-se o conjunto dos pontos nos três transetos, o dia 19 de abril/94 apresentou condições meteorológicas que não propiciaram contrastes térmicos acentuados. Sendo assim, o dia foi considerado pouco favorável ao desenvolvimento de ilhas de calor de grande magnitude e, ao contrário, favoráveis à dispersão de poluentes. Apesar da situação atmosférica vigente, às 9 horas e às 15 horas configuraram-se ilhas térmicas de moderada intensidade ($2,8^\circ\text{C}$), as quais revelaram núcleos mais quentes, respectivamente, em Bangu, na zona oeste, e em Bonsucesso, na zona da Leopoldina; a ilha de frescor foi registrada no parque Jardim Botânico. Já às 21 horas, uma ilha de calor de fraca intensidade ($1,9^\circ\text{C}$) se desenvolveu em Copacabana, na zona sul, enquanto a ilha de frescor foi registrada em Santa Cruz, na zona oeste da cidade. A ilha de calor de intensidade mais fraca neste dia foi registrada no período noturno.

O EXPERIMENTO DE CAMPO DO DIA 5 DE JULHO DE 1994 (INVERNO)

O avanço frontal, entre os dias 3 e 5, não teve grande repercussão sobre a cidade e, apesar de haver aumentado significativamente a umidade atmosférica, entre 70% a 91%, condicionados pela circulação marítima, não chegou a produzir precipitação pluviométrica na cidade. Em decorrência da dissipação da frente fria sobre o estado do Rio de Janeiro, a nebulosidade foi diminuindo com o passar das horas. Em superfície, a variação horária da temperatura foi de 18°C a 26°C e a intensidade média do vento, neste dia, variou de $0,7 \text{ m/s}$ a $3,5 \text{ m/s}$ com direção predominantemente de sul, pela atuação do Anticiclone Polar, de reduzida espessura sobre o Rio de Janeiro. No mês de julho/94 foram realizadas 9 amostras de partículas em suspensão pela FEEMA, duas das quais ocorreram nos dias 4 e 6, ou seja, antes e após o experimento de campo. Observam-se diferenças significativas nos valores de partículas em suspensão entre os dias 4 e 6. No dia 4, ainda sob o efeito de avanço frontal, os valores se apresentaram baixos. Porém, no dia 6, com a massa Polar já em processo

de tropicalização, a qualidade do ar volta a piorar, fato demonstrado pelos índices que ultrapassaram o padrão em quatro das oito estações monitoradas (Bonsucesso, Inhaúma, Irajá e São João de Meriti), esta última com índices de 428 mg/m^3 . Sob o domínio dessa situação sinótica, a ilha de calor tende a ser melhor configurada e a aumentar sua intensidade. Às 9 horas ($3,3^\circ\text{C}$) e às 21 horas ($2,9^\circ\text{C}$) a ilha de calor é de moderada intensidade com core, respectivamente, no Méier, na zona norte, e em Botafogo, na zona sul. Entretanto, às 15 horas ela atinge grande intensidade ($4,2^\circ\text{C}$) em Bonsucesso, zona da Leopoldina. A ilha de frescor, às 9 horas, foi registrada em Santa Cruz e nos demais horários no parque Jardim Botânico. Também neste dia, a mais fraca intensidade da ilha de calor foi detectada no período noturno.

O EXPERIMENTO DE CAMPO DO DIA 29 DE MAIO DE 1995 (OUTONO)

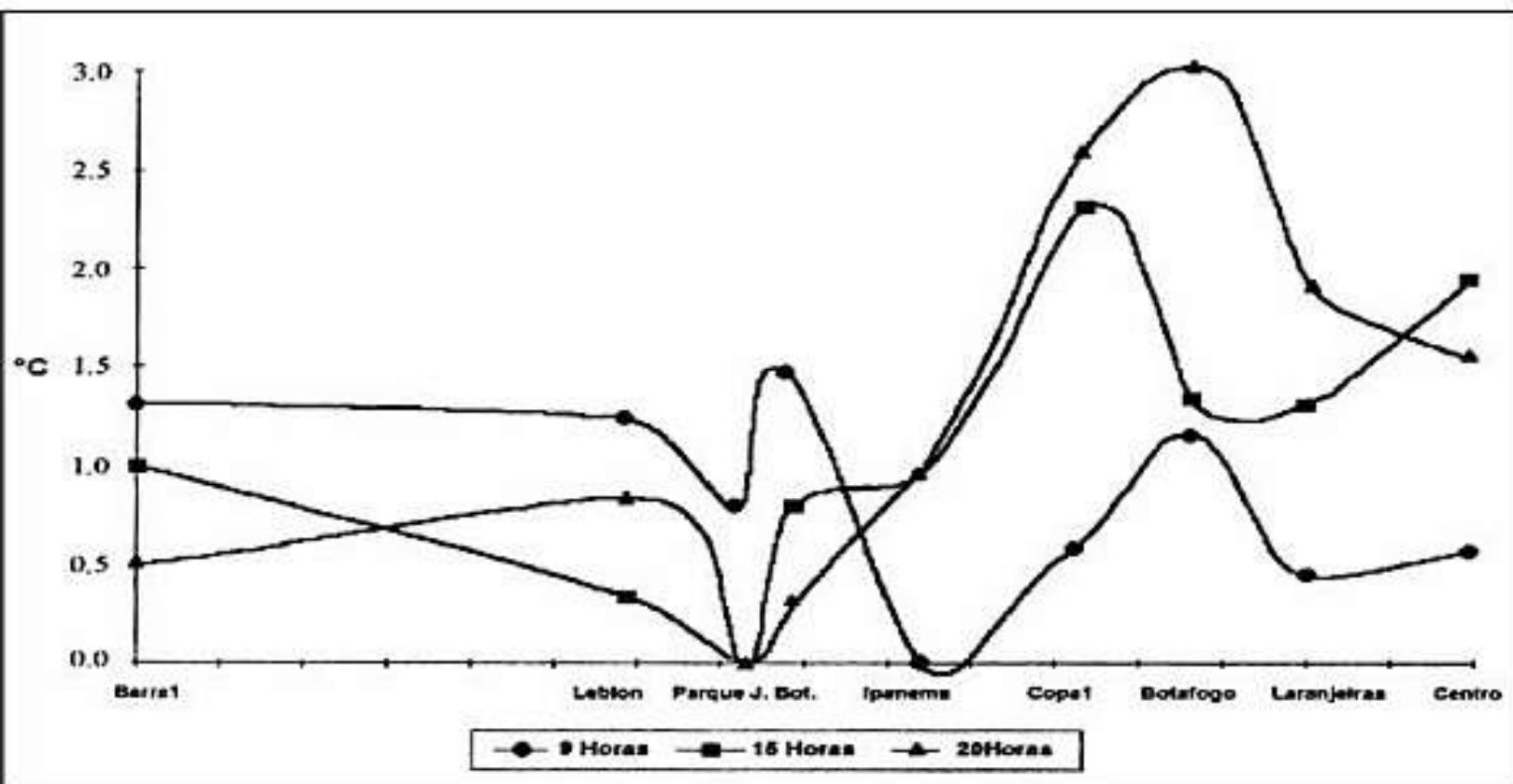
O Anticiclone Subtropical exerce amplo domínio sobre o continente. Toda a região Sudeste apresenta céu limpo, característico deste tipo de tempo que afeta, inclusive, as regiões vizinhas nesta latitude. As condições do tempo permaneceram estáveis, com forte insolação, ausência de nuvens durante todo o dia no Rio de Janeiro, condições estas que favorecem a manifestação de ilha de calor na cidade.

O corte vertical da atmosfera mostra uma inversão térmica, desde a superfície até quase o nível de 900 hPa, indicando um ar seco nos baixos níveis da troposfera, e uma outra inversão, acima dos 840 hPa, aproximadamente. Valores de umidade relativa em torno de 50% foram registrados entre as 14 horas e 15 horas. Em superfície, as temperaturas não revelaram valores máximos muito acentuados. As menores temperaturas, até as 16 horas, foram registradas na estação Santa Cruz. Até as 12 horas, predominam ventos de norte/nordeste e, a partir deste horário, a circulação é invertida, passando a sul/sudoeste, com a entrada da brisa marítima. Os ventos predominantes foram de direção sul com intensidade fraca, média variando de $1,3 \text{ m/s}$ a $2,5 \text{ m/s}$, portanto favoráveis à manifestação da ilha térmica.

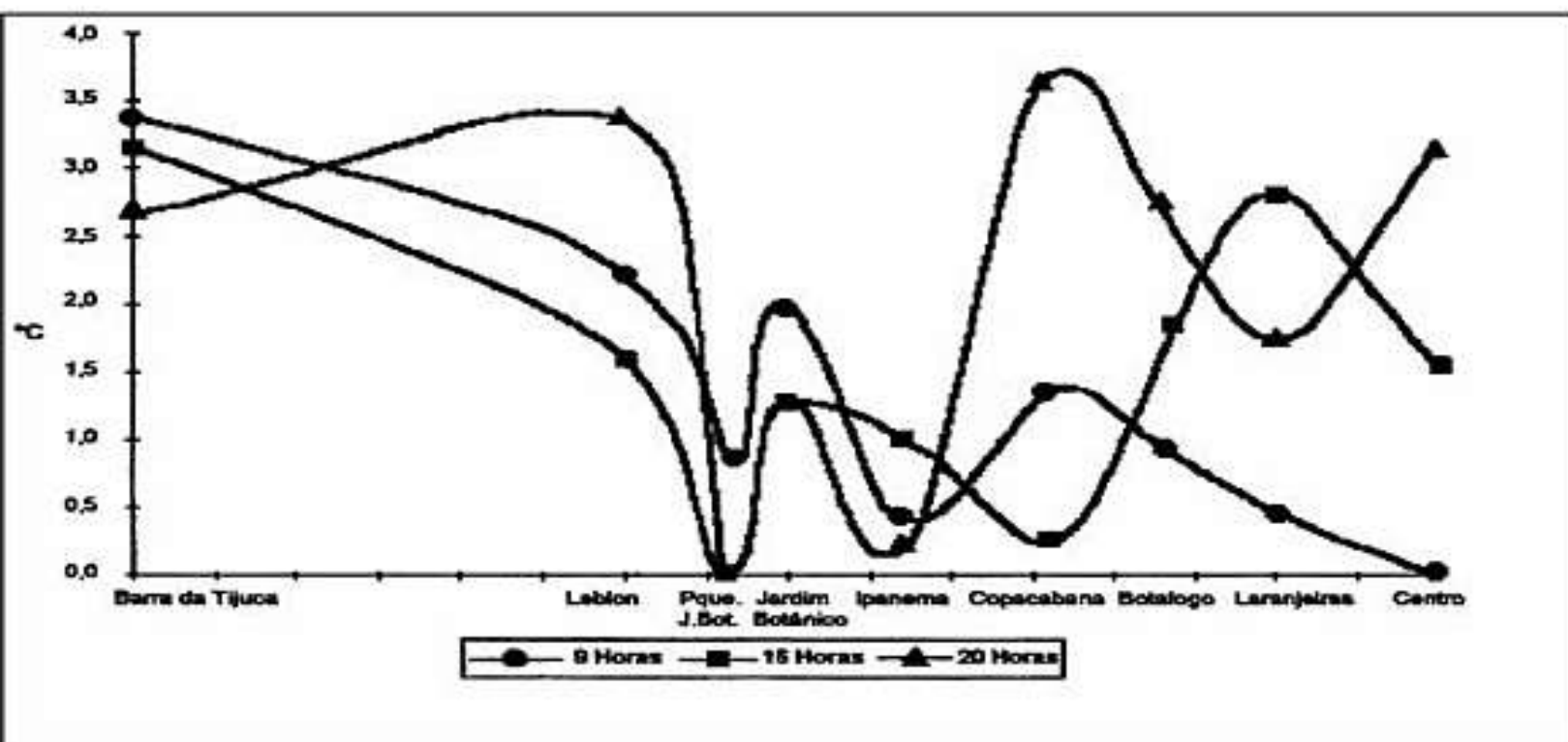
Considerando-se, separadamente, cada um dos três transetos, os contrastes térmicos mais significativos são encontrados nos transetos I e II, porém as ilhas de calor de maior intensidade configuradas são moderadas, como pode ser exemplificado na Figura 2.

FIGURA 2

**DIFERENÇAS TÉRMICAS ENTRE OS POSTOS DO TRANSETO I
CENTRO – BARRA DA TIJUCA (05/07/94)**



**INTENSIDADE da ilha de calor no dia 29/05/95
TRANSETO I: CENTRO – BARRA da TIJUCA**



Entretanto, tomando-se o conjunto de todos os pontos monitorados na cidade, no dia 29 de maio/95, estabeleceu-se a intensidade da ilha de calor para este dia e essa configuração se altera. Deste modo, às 9 horas, a área mais quente da cidade localizou-se na Barra da Tijuca, zona oeste, resultando em magnitude moderada da ilha de calor ($3,4^{\circ}\text{C}$). Às 15 horas prevalece a ilha de calor de intensidade forte ($4,2^{\circ}\text{C}$) com core quente em Bangu, na zona oeste, enquanto às 21 horas o núcleo mais quente da ilha de calor é deslocado para a periferia do centro, localizando-se em Santo Cristo, com intensidade moderada ($3,4^{\circ}\text{C}$). Em quase todas as situações pesquisadas, a ilha de frescor foi registrada no parque Jardim Botânico (Quadro 1).

O EXPERIMENTO DE CAMPO DO DIA 3 DE AGOSTO DE 1995 (INVERNO)

Diferentemente dos três experimentos anteriores, cujos registros, na escala local, foram tomados em toda a cidade, neste experimento as medições, embora ampliadas em número de pontos de medições, se limitaram ao núcleo central. Seu objetivo principal foi possibilitar o detalhamento das feições do campo térmico nesta área restrita da cidade e avaliar possíveis configurações de ilhas de calor nesta pequena área espacial ou corpo principal da cidade, portanto, se insere em outro nível escalar. Nesta área, de aproximadamente $6,4\text{ km}^2$, constituída pelo núcleo urbanizado aí implantado que deu origem ao seu único bairro, o Centro, a íntima associação entre a topografia original (completamente alterada por sucessivos aterros e desmontes para ampliação do espaço urbano) e a massa edificada gerou uma morfologia urbana complexa. Nela foram selecionadas quinze áreas onde foram definidos 29 pontos para medições horárias (das 9 às 18 horas) de parâmetros climáticos, os quais forneceram os índices de sombreamento por prédios ou árvores, a partir de fotografias.

Entre as várias técnicas para o cálculo da configuração do céu a partir de fotografia, as desenvolvidas por Ito (1976), Steyn (1980) e Oke (1981) são muito utilizadas. O cálculo estimado por Oke, para *canyons urbanos*, foi denominado *sky view factor* e indica a fração do céu que está livre de “obstrução” por elementos do ambiente. (Oke, 1981). Já Ito (1976) desenvolveu técnica para a obtenção dos percentuais de cobertura do céu a partir da utilização de ábaco sobre as fotografias tomadas com lente “olho de peixe”, por ele denominada *sky diagram* (SD). Esta técnica foi utilizada por Sakamoto (1994), para a cidade de São Paulo.

O cálculo visando a obtenção do percentual de “obstrução” do céu (SVF), usado neste trabalho, foi alcançado por meio de procedimento digital das fotografias tomadas com lente “olho de peixe”, para obtenção da área, em cada fotografia, que estava impedida à livre penetração de radiação solar, através de SIG – IDRISI. Este forneceu a área total da foto, a área obstruída por prédios

Quadro 1

Síntese de magnitude de ilha de calor na cidade do Rio de Janeiro

BAIRRO		MAGNITUDE DA ILHA DE CALOR		
Hora		Primeira magnitude	Segunda magnitude	Terceira magnitude
9 horas		Moderada Méier X Santa Cruz Intensidade: 3,3°C	Moderada Bangu/Bonsucesso (Av. Brasil) X Santa Cruz Intensidade: 2,1°C	Fraca Santo Cristo/Tijuca X Santa Cruz Intensidade: 1,9°C
15 horas		Forte Bonsucesso (Av. Brasil) X Parque Jardim Botânico Intensidade: 4,2°C	Moderada Penha Circular / Cpo. Grande X Parque Jardim Botânico Intensidade: 3,8°C	Moderada Méier/Irajá X Parque Jardim Botânico Intensidade: 3,7°C
20 horas		Moderada Botafogo X Parque Jardim Botânico Intensidade: 2,9°C	Moderada Méier/Copacabana X Parque Jardim Botânico Intensidade: 2,5°C	Fraca Bonsucesso (Av. Brasil)/ Laranjeiras X Parque Jardim Botânico Intensidade: 1,8°C
Média Dia 05/07/94		Moderada Méier X Parque Jardim Botânico Intensidade: 2,8°C	Moderada Bonsucesso (Av. Brasil) X Parque Jardim Botânico Intensidade: 2,4°C	Fraca Irajá X Parque Jardim Botânico Intensidade: 1,9°C

9 horas		Moderada B. da Tijuca X Centro Intensidade: 3,4°C	Moderada Campo Grande X Centro Intensidade: 2,6°C	Moderada Pça. da Bandeira X Centro Intensidade: 2,2°C
15 horas		Forte Bangu X Parque Jardim Botânico Intensidade: 4,2°C	Moderada Santo Cristo X Parque Jardim Botânico Intensidade: 3,9°C	Moderada Penha Circular X Parque Jardim Botânico Intensidade: 3,7°C
20 horas		Forte Santo Cristo X Parque Jardim Botânico Intensidade: 4,2°C	Moderada Méier X Parque Jardim Botânico Intensidade: 3,7°C	Moderada Copacabana/ Maracanã/Pça. da Bandeira X Parque Jardim Botânico Intensidade: 3,5°C
Média Dia 29/05/95		Moderada Sto. Cristo/B. da Tijuca X Parque Jardim Botânico Intensidade: 2,9°C	Moderada Campo Grande X Parque Jardim Botânico Intensidade: 2,7°C	Moderada Bangu X Parque Jardim Botânico Intensidade: 2,6°C

ou outros elementos do ambiente e a área livre de obstrução, em metros quadrados, que foram transformadas em valores relativos (%). A utilização desta técnica fotográfica tem como objetivo avaliar a influência das diferentes expressões da edificação urbana, sobre a temperatura do ar.

O posto meteorológico padrão localizado no aeroporto Santos Dumont foi tomado como referência para o confronto com os parâmetros obtidos nos pontos amostrais. A variação espacial vertical horária da temperatura do ar foi, também, representada para o transeto que incluiu seis edifícios, iniciando-se no edifício RB1, no início da avenida Rio Branco e terminando no edifício Santos Dumont, no Castelo.

A sondagem vertical do campo térmico urbano se insere no nível intraurbano, portanto abaixo do nível dos seus tetos superiores, enquadrando-se na proposta de Oke (1978) como *urban canopy layer* (UCL) a qual, juntamente com a *urban wake layer* (UWL), se insere no contexto mais amplo do *urban boundary layer* (UBL).

Do ponto de vista do sistema sinótico, o estado do Rio de Janeiro, no dia 3 de agosto de 1995, achava-se sob o efeito de aquecimento pré-frontal, com ventos de norte de fraca intensidade, situação que parece ideal para a manifestação de ilha de calor. A célula subtropical adentrava profundamente o continente e a isóbara de 1018 hPa passava sobre o Rio de Janeiro.

O corte vertical indica uma inversão térmica até, aproximadamente, o nível de 900 hPa quando, então, o gradiente térmico se inverte. A 680 hPa, a uma temperatura de 0°C, o ar atinge quase o ponto de saturação, sem a formação de nebulosidade, já que uma nova inversão se desenvolve, desta vez em altitude bastante acentuada, chegando a quase 10°C a cerca de 650 hPa, quando então novamente o gradiente se inverte continuamente. Isto demonstra o grau de estabilidade atmosférica sobre o Rio de Janeiro, neste dia. Em superfície, as temperaturas subiram a valores de verão, chegando a 33°C, na zona oeste da cidade, implicando em índices de umidade relativa muito baixos, principalmente entre as 15 horas e às 21 horas, quando índices de até 20% foram registrados. Neste dia predominaram ventos de norte/nordeste de fraca intensidade.

No período de janeiro a agosto/95, o número de amostragens de partículas em suspensão variou de 4 a 6 amostras/mês. Os meses de junho, julho e agosto destacaram-se como os mais poluídos, com o registro de 3 a 5 violações ao padrão recomendável. Nestes meses ocorreram os índices diários máximos: no dia 7 de junho (468 mg/m³) e no dia 7 de julho (296 mg/m³), em São João de Meriti, e no dia 24 de agosto (440 mg/m³), no Maracanã. Lamentavelmente não houve monitoramento da qualidade do ar no dia 3 de agosto, mesmo em dias próximos a este dia de experimento.

Na análise da estrutura topoclimática da área central da cidade, a sondagem do campo térmico visando identificar a ilha de calor respeitou dois tipos de procedimentos. No plano horizontal, considerou-se o conjunto dos pontos para o mapeamento da variação espacial da temperatura nos horários de 9h, 12h, 15h e 18h, e no plano vertical foram considerados apenas os pontos ao longo do perfil que inclui os edifícios.

As maiores intensidades da ilha de calor registradas neste dia ocorreram às 18 horas, quando uma ilha de calor, de forte intensidade ($4,4^{\circ}\text{C}$), envolvendo a área de maior densidade de edificações, achava-se centralizada no edifício BIG, e às 9 horas, com núcleo mais quente, de moderada intensidade ($3,1^{\circ}\text{C}$), estendendo-se do edifício BIG até o Largo de São Francisco de Paula. A ilha de frescor, em quase todos os horários, é registrada no parque Passeio Público. O campo térmico às 18 horas demonstra claramente o papel da conservação de energia pelas trocas entre as massas edificadas na área central da cidade. As propriedades térmicas do tecido urbano, com capacidade calorífica e condutividade dos materiais de construção elevadas, possibilitam uma grande estocagem de energia que, liberadas para a atmosfera urbana sob a forma de calor sensível, impedem seu rápido resfriamento noturno. Por outro lado, apesar da ilha de calor não haver se manifestado com intensidade espetacular, sua intensidade foi aumentando gradativamente, ao longo do dia, até atingir o seu máximo às 18 horas. Pelas propriedades que desempenham as áreas verdes no equilíbrio térmico do ambiente, a ilha de frescor ocorreu no parque Passeio Público. Este parque, com área de 33.649m^2 , é constituído por árvores de grande porte e canteiros com vegetação rasteira, representando uma pequena “ilha verde” em meio à massa edificada, na área central da cidade, sendo circundado por vias de intenso fluxo de veículos, onde se localizam pontos terminais de algumas linhas de ônibus urbanos. Em seu entorno, os prédios são de baixa a média altura, variando de 3 a 18 pavimentos, com exceção de toda a porção leste, voltada para o parque Flamengo, que se acha livre de edificações e aberta à ventilação proveniente do mar. Excetuando o horário entre as 12 e 14 horas (horário do almoço), o fluxo de pessoas no parque Passeio Público é baixo. O maior fluxo de pessoas neste horário demonstra a importância do parque como área de lazer e de amenidade climática, sobretudo para as pessoas que trabalham em suas proximidades.

A análise vertical da temperatura do ar ao longo do transeito selecionado é acompanhada do seu respectivo perfil topográfico. O perfil vertical das 9 horas mostra que na maior parte da área do transeito a temperatura registra valores superiores a 26°C . Às 9 horas a isoterma de $27,5^{\circ}\text{C}$ delimita o núcleo mais quente no edifício BIG e sua intensidade máxima, em relação à área mais

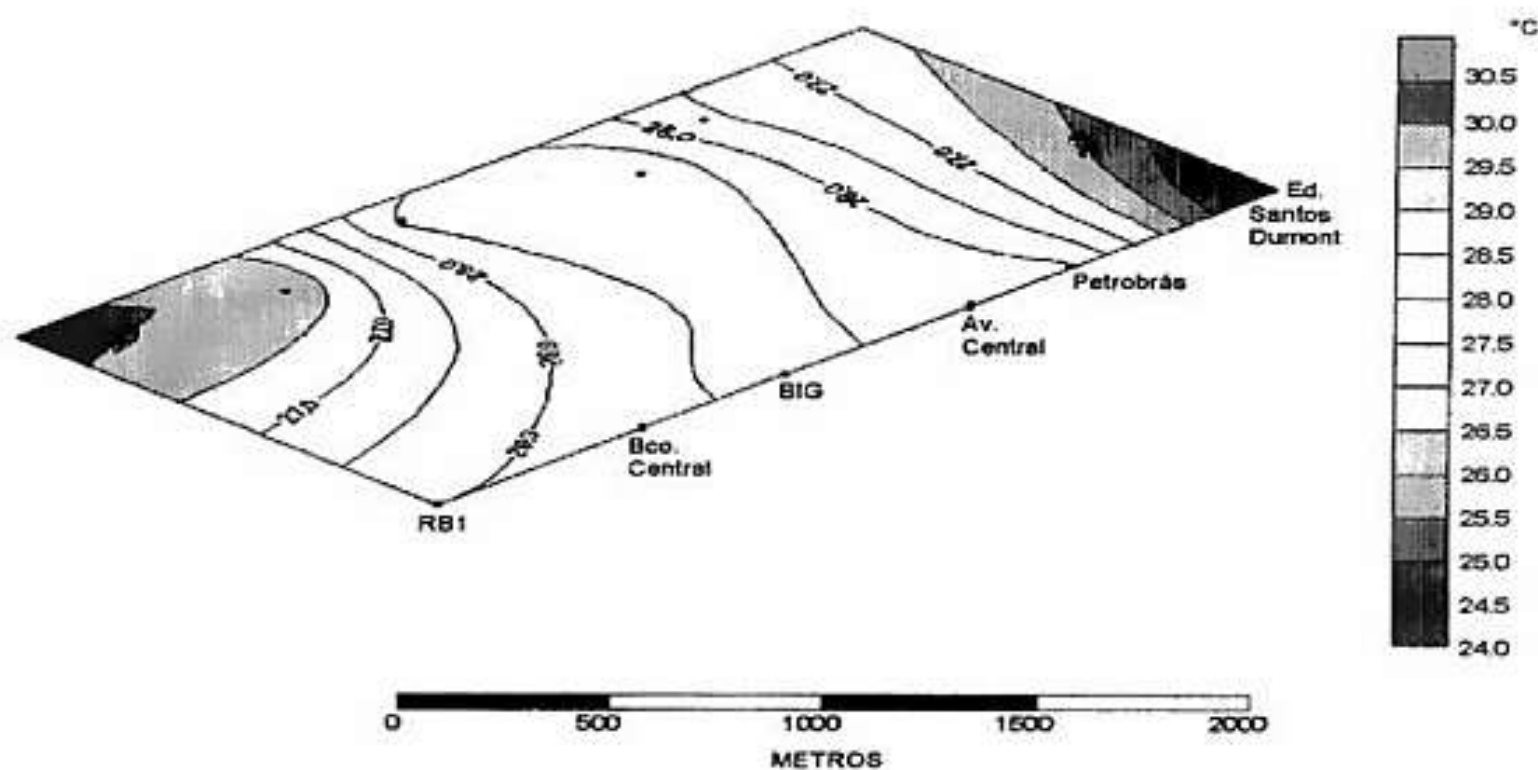
fresca é de 3°C. Deve-se lembrar que a estação-padrão, nesse horário, registrou temperatura de 1°C abaixo da registrada no edifício BIG.

A área mais quente, às 15 horas, delimitada pela isoterma de 29°C, ampliou-se consideravelmente em relação ao horário das 12 horas, com núcleos mais quentes localizados nos edifícios BIG e Avenida Central, com 29,1°C e 29,4°C, respectivamente, enquanto nos terraços os valores atingiram 30°C. Essa diferença entre a temperatura do terraço e aquela ao nível da rua pode indicar que se a inversão térmica persistiu, ela pode ter sido sensivelmente influenciada pela intensa insolação no terraço dos edifícios, nesses horários de maior aquecimento.

A inversão térmica persistia, ainda, às 18 horas, quando a temperatura registrada no terraço dos edifícios Avenida Central e Santos Dumont era superior àquela ao nível das ruas. Enquanto nesse horário, em superfície, do edifício RB1 até o edifício Avenida Central, temperaturas iguais ou acima de 28°C eram ainda registradas, no edifício Santos Dumont, a temperatura de 24,4°C revelava um significativo resfriamento. O centro da ilha de calor às 18 horas localizou-se no edifício BIG com intensidade de 4,3°C (Figura 3).

FIGURA 3

VARIAÇÃO VERTICAL da TEMPERATURA do AR
ÁREA CENTRAL da CIDADE do RIO de JANEIRO
Dia 03/08/95 – 18 horas



A configuração da ilha de calor, nesse dia, no corpo principal da cidade leva-nos a acreditar que a geometria dos *canyons* urbanos, com maior concentração de edificações e mais significativa verticalização dessas edificações, exerce importante fator no aprisionamento do ar dificultando a ventilação, na maior capacidade de conservação de energia e no armazenamento de calor por essas edificações. Como resultado, o trecho compreendido entre o edifício do Banco Central do Brasil, na avenida Presidente Vargas e o edifício Avenida Central, na avenida Rio Branco, conservou-se mais quente em todos os horários, e o núcleo da ilha de calor, invariavelmente, centralizou-se no core mais verticalizado, em torno do edifício BIG. Entretanto, embora considerando o importante armazenamento de calor, no corpo principal da cidade, o resfriamento noturno tenha influenciado no sentido de uma diminuição da ilha de calor, no horário das 9 horas. Por outro lado, é importante considerar que fatores tais como a proximidade do mar e a localização de espaços verdes próximos, como os parques do Flamengo e do Passeio Público, hajam contribuído como elementos atenuadores do armazenamento de calor pelos edifícios e, assim, como importantes redutores da intensidade da ilha de calor e na diminuição do desconforto gerado por ela, no corpo principal da cidade do Rio de Janeiro. É provável que a persistência de situações de inversão térmica durante o dia 03/08/95 deve ter aumentado, consideravelmente, os níveis de poluição atmosférica na cidade. Entretanto, lamentavelmente, não houve monitoramento da qualidade do ar nesse dia.

O EXPERIMENTO DE CAMPO DO DIA 16 DE ABRIL DE 1996 (OUTONO)

O Rio de Janeiro encontrava-se, nesse dia, sob o efeito de aquecimento pré-frontal, com predomínio de ventos de norte/nordeste, até às 15 horas. A partir desse horário, passa a predominar a circulação de sul até às 19 horas e, daí em diante, circulam ventos de oeste. No horário das medições noturnas, uma linha de instabilidade com chuvas provocando perturbações meteorológicas prejudicou a realização das medições. Com este experimento móvel, pretendeu-se estabelecer a influência da topografia do sítio da cidade do Rio de Janeiro, como condicionante térmico, considerando os diferentes graus de edificação e posições topograficamente diferenciadas nesse trecho da cidade. O Maciço da Tijuca, mais especificamente a Serra da Carioca, foi escolhido como referência para o experimento, por seu significado no contexto urbano da cidade. Neste experimento, percorreram-se três transetos, quando foram tomados registros de temperatura nos horários das 5 horas às 6 horas, das 13

horas às 14 horas e das 20 horas às 21 horas. Dois transetos foram percorridos na Serra da Carioca. Um deles partindo do Alto da Boa Vista até próximo ao Morro do Sumaré e o outro, da Usina (na zona norte) até São Conrado (na zona sul). O terceiro transeto partiu da Praça XV, no centro da cidade, seguindo pela planície urbanizada, acompanhando a vertente norte do maciço, margeando a Estrada de Ferro Central do Brasil, até o bairro de Marechal Hermes, na zona oeste. Foram instalados miniabrigos na Praça XV (centro da cidade), no Largo do Machado (zona sul), na Tijuca (zona norte) e em Bangu e Santa Cruz (zona oeste), que funcionaram como pontos de controle. Nestes, as medidas de temperatura, referentes aos três horários das medidas móveis, foram de dez em dez minutos. Os dados obtidos nas estações de controle serviram de referência para o estabelecimento das diferenças térmicas, comparadas aos pontos dos transetos móveis. As diferenças estabelecidas entre os pontos de cada transeto com o ponto de controle de Santa Cruz possibilitaram revelar ilhas de calor, mesmo com as condições noturnas já perturbadas pela aproximação da frente que no dia seguinte alcançou o Rio de Janeiro.

Os resultados revelaram núcleos de ilhas de calor de moderada intensidade na Praça Onze, no Méier, em Madureira e em Osvaldo Cruz, com diferença térmica que atingiu até 3°C em relação à área mais fresca situada em Santa Cruz, no horário entre 5h e 6h.

O percurso Alto da Boa Vista – Sumaré, no horário entre 20h e 21h, evidenciou claramente a participação da topografia do maciço da Tijuca no campo térmico em comparação com a baixada urbanizada. Considerando os pontos que se destacaram como ilhas de frescor de maior intensidade, o situado nas torres de TV (659 metros) revelou quase 4°C inferior ao localizado em Santa Cruz e cerca de 7°C abaixo da temperatura medida nos bairros de Engenho Novo e Méier (este último registrou o núcleo mais intenso da ilha de calor), no mesmo horário. Por outro lado, o ponto de medição situado na vertente sul registrou temperatura 1°C inferior ao seu correspondente na vertente norte.

A consideração de todos os experimentos de campo realizados com esta pesquisa na cidade do Rio de Janeiro e o seu caráter inédito resultaram na geração de dados e análises, simultaneamente, em aproximadamente 120 ambientes microclimáticos nos episódios que contemplaram a escala de toda a cidade. Tais resultados constituíram bases para a proposta de síntese e para as conclusões, apresentadas como ponto de partida de aproximação da realidade sobre o conhecimento adquirido acerca do clima da cidade do Rio de Janeiro.

Uma das dificuldades para se alcançar a síntese prendeu-se ao fato da necessidade de um maior número de postos de observação e da realização de

maior quantidade de experimentos de campo para medições que pudesse tratar os padrões térmicos mais frequentes das situações analisadas. Entretanto, essa dificuldade (em função de só se dispor de três experimentos de campo em toda a cidade) foi compensada pelo fato de se optar por medições microclimáticas, sendo duas no outono e uma no inverno, com registros horários. Assim, a definição das unidades mesoclimáticas urbanas apresentadas prende-se a estas situações sazonais, uma vez que os indicadores térmicos que serviram à sua definição refletem os padrões térmicos das estações de outono-inverno.

As análises nos níveis micro e topoclimático, articuladas aos parâmetros geourbanos e geoecológicos, forneceram os elementos definidores na delimitação dos mesoclimas dos diversos ambientes urbanos na cidade do Rio de Janeiro.

Dentre os parâmetros integrados citam-se o uso do solo, a densidade demográfica, a densidade construída, a área ocupada por parques, praças e jardins e a orientação de vertentes. Os atributos climáticos considerados foram a temperatura média diária e a taxa de resfriamento/hora, esta obtida no intervalo entre 15h e 21h. Adotou-se a taxa de resfriamento por se considerar que ela representa um parâmetro importante para indicar as diferentes capacidades dos ambientes urbanos em perder o calor que foi armazenado durante o período de aquecimento e, portanto, reflete as diferentes velocidades de resfriamento destes distintos ambientes urbanos, frente às características e propriedades de suas superfícies.

A partir daí montou-se um quadro com as informações consideradas relevantes para a abordagem integrada do clima da cidade do Rio de Janeiro. As informações foram reagrupadas, por classes, segundo os critérios de definição de cada uma das categorias, que estão representadas na legenda do mapa. O passo seguinte foi o de identificar, de acordo com os atributos, as grandes unidades mesoclimáticas, que foram nele apresentadas em algarismos romanos. De acordo com o enquadramento das unidades geográficas nas diferentes classes de temperatura média diária em que foram inseridas, cinco unidades mesoclimáticas foram identificadas, sendo que as categorias mais baixas se localizaram nos extremos leste e oeste da cidade, apresentando gradiente crescente no sentido de Bangu, onde atinge o seu máximo, em função das características de sua localização, entre os maciços da Pedra Branca e de Gericinó, sendo afetado pelo vento catabático quente e seco – que desce do maciço da Pedra Branca. Em contrapartida, além dos fatores locais, a baixa densidade de áreas construídas concorre para a taxa de resfriamento alta e para a maior amplitude térmica diária.

As unidades definidas no cartograma “Unidades Mesoclimáticas Urbanas da cidade do Rio de Janeiro” refletem a força da influência da topografia dos maciços montanhosos e da circulação propiciada pela maior ou menor

atuação da brisa marítima em relação à localização dos ambientes urbanos da cidade. A grande maioria dos ambientes urbanos da cidade do Rio de Janeiro foi enquadrada nas Unidades IV (onze ambientes) e III (nove ambientes), indicando que nas situações de outono-inverno predominaram temperaturas entre 24,1°C e 25°C nesses ambientes. Todos os ambientes situados na zona da Leopoldina foram enquadrados na Unidade IV, onde predominam as atividades industriais e o intenso fluxo de veículos nas principais vias de acesso à cidade, como a avenida Brasil. Apesar da baixa densidade demográfica e de área construída, o baixo índice de áreas verdes e os elevados índices de poluição atmosférica certamente concorrem para a manutenção dos valores térmicos em patamares mais altos.

Ambientes mais frescos, com temperatura média diária inferior a 23,5°C, só foram localizados na zona sul da cidade, no parque Jardim Botânico e em Ipanema, este favorecido pela amenidade climática propiciada por sua localização entre o mar e a Lagoa Rodrigo de Freitas, embora o bairro detenha uma das mais elevadas taxas de densidade construída da cidade. Na zona sul da cidade predominaram os ambientes cuja temperatura média diária se situa entre 23,5°C e 24°C, porém os bairros de Copacabana e Botafogo constituem exceção para ambientes mais quentes. As elevadíssimas taxas de densidade demográfica (34 mil hab/km² em Copacabana) e de ocupação do solo resultam em elevada capacidade de armazenamento e conservação de calor pelos edifícios, *canyons* urbanos (corredores de edifícios formando barreira à orientação preferencial da circulação dos ventos) e ruas pavimentadas que, aliadas à baixa densidade de áreas verdes, resultam em redução das taxas de resfriamento noturno e, conseqüentemente, em frequentes ilhas noturnas de calor.

Certamente um número bem maior de unidades poderiam ser reconhecidas, desde que ampliem-se as áreas monitoradas.

Outra questão a esclarecer refere-se à terminologia *mesoclima*, adotada por concordar que esta categoria escalar se enquadra entre o *clima local* e o *topoclima*.

A seguir são apresentadas algumas, dentre as várias conclusões resultantes da pesquisa enfocando o clima urbano na cidade do Rio de Janeiro, de acordo com o encaminhamento metodológico proposto. Os vários experimentos de campo, realizados com objetivos específicos em cada nível escalar, possibilitaram configurar diversas ilhas de calor de variadas intensidades (fraca, moderada e forte), dependendo do tipo de tempo que prevaleceu no dia do experimento na cidade, mas com predomínio para as de intensidade moderada.

As ilhas de calor configuradas na cidade do Rio de Janeiro refletiram a diversidade de seus sítios com microclimas próprios, propiciados por sua condição de cidade litorânea, estrangulada por maciços montanhosos e morros

isolados, e onde a morfologia urbana e os variados padrões de uso do solo têm papel importante nesses contrastes térmicos espaciais-temporais revelados.

Os levantamentos de campo, em geral, permitiram concluir que:

- sob a atuação de tipo de tempo Anticiclônico (Anticiclone Subtropical e Anticiclone Polar), ou em condições de aquecimento pré-frontal, com ventos fracos e céu claro, se configuraram as maiores intensidades de ilhas de calor na cidade do Rio, principalmente nos períodos da tarde e da noite.

- sob a atuação de passagem frontal com instabilidade e chuva, elevada umidade e nebulosidade, como a que prevaleceu no dia 19 de abril de 1994, a configuração da ilha de calor é completamente alterada, apresentando-se de fraca a moderada intensidade, tendendo mesmo a desaparecer no período noturno.

Do monitoramento da cidade como um todo conclui-se que:

- a maior intensidade da ilha de calor, na cidade do Rio, manifestou-se às 15 horas e às 21 horas, estando diretamente associada ao tipo de tempo Anticiclônico Subtropical e o Polar em processo de tropicalização.

Às 15 horas, quando as características geoecológicas de seus sítios (posição em relação ao mar, presença de corpos líquidos, orientação e gradiente dos maciços), especialmente no tocante à localização desfavorável à penetração da brisa ou à orientação e o gradiente de vertentes dos maciços e morros, constituem aspectos favoráveis ao armazenamento de calor no período de maior incidência de radiação solar gerando maiores diferenças térmicas em relação ao ambiente mais fresco. Este é o caso dos bairros Bangu, Bonsucesso (este também favorecido pelos elevados índices de poluição atmosférica), Penha, Irajá e Campo Grande.

Às 21 horas, nos ambientes urbanos cujos condicionantes antrópicos (uso do solo, características das superfícies, propriedades dos materiais de construção, vias de circulação, poluição atmosférica) têm maior peso que os atributos geoambientais, contribuindo para a maior capacidade de estocagem de calor e conservação da energia que foi armazenada durante o dia e, conseqüentemente, para menor taxa de resfriamento, resultando em ambiente mais aquecido no período noturno, como nos bairros de Copacabana, Santo Cristo, Botafogo, Méier, Maracanã, Tijuca e Praça da Bandeira, com acentuadas diferenças térmicas em relação aos ambientes mais frescos (parque Jardim Botânico e Santa Cruz).

Os ambientes urbanos com elevados índices de verticalização e de densidade de edificações, como Copacabana e Botafogo, conservaram-se mais quentes à noite, desenvolvendo, frequentemente, a ilha de calor noturna. O centro da cidade, no entanto, teve a ilha de calor deslocada para sua periferia (Santo Cristo) e Ipanema, favorecido por sua posição entre o mar e a Lagoa Rodrigo de Freitas e pela geometria urbana cujo padrão reduz o efeito

de barreira e facilita a penetração da ventilação. Apesar do alto índice de verticalização e de densidade de edificações elevadas, tais bairros não chegaram a configurar ilha de calor noturna.

A importância de áreas verdes ficou demonstrada pela persistência da ilha de frescor localizada, em quase todas as situações, no parque Jardim Botânico ou no parque Passeio Público, no caso do experimento de campo na Área Central da Cidade. Entretanto vale a pena destacar que Santa Cruz, bairro situado no extremo oeste da cidade, chegou também a se apresentar como a área mais fresca da cidade, desempenhando papel semelhante àquele típico de zona rural.

Quanto ao monitoramento na área central de negócios (CBD), conclui-se:

- No corpo principal da cidade e no horário das 18 horas, a situação do campo térmico revela claramente o papel da conservação do calor pelas trocas entre as massas edificadas na Área Central de Negócios da cidade.

- A geometria dos *canyons urbanos* com maior índice de verticalização das construções e concentração de edificações, demonstrada pelos elevados índices de sombreamento da superfície por edifícios (SVF entre 60% e 88%), exerce fator importante no armazenamento de calor por essas edificações e na capacidade de conservação dessa energia. Assim, o trecho entre o edifício Banco Central (av. Presidente Vargas) e o edifício Avenida Central (av. Rio Branco) conservou-se mais aquecido e o núcleo da ilha de calor localizou-se, invariavelmente, na área mais verticalizada que compreende o trecho da avenida Rio Branco, entre o edifício BIG e o edifício Avenida Central.

A questão da grande superfície de sombra produzida por esses conjuntos de edifícios (*canyons urbanos*), cuja altura excede em muito o gabarito recomendável, tem produzido alguns impactos negativos mais imediatos (quanto à saúde da população e ao desperdício de energia) para a cidade do Rio de Janeiro. Uma vez que a luz projetada à superfície das ruas e praças é interceptada por edifícios, a superfície sombreada depende da altura do edifício e do ângulo de inclinação do sol (sendo maior no inverno). O tempo de sombreamento dessas superfícies é sensivelmente aumentado, favorecendo o aumento da umidade local – aspectos que podem desencadear as condições ideais ao desenvolvimento de micro-organismos causadores de doenças. Tais constatações devem subsidiar os instrumentos de proteção ambiental de toda a cidade e não apenas na regulamentação das edificações na orla, resguardando os poucos trechos que ainda restam das praias cariocas dos danosos efeitos desse tipo de sombra, engendrada por intervenções, intencionais ou inadvertidas, na superfície urbana.

Como visto na própria área central de negócios, as fotos tomadas em 29 microambientes (desde os espaços mais abertos como as praças e parque aos corredores estreitos de altos edifícios) o fato da sombra na superfície projetada

por edifícios em algumas das ruas do centro alcançarem índice de quase 90% obriga, não raras vezes, ao acionamento da iluminação artificial, em plena luz do dia, o que representa de um lado grande desperdício de energia e, do outro, uma contradição injustificável num país tropical com excedente de energia solar como o nosso além dos riscos de doenças já assinalados.

As propriedades térmicas do tecido urbano, com capacidade calorífica e condutividade elevadas dos materiais de construção, possibilitam uma grande estocagem de energia que, liberadas para a atmosfera urbana sob a forma de calor sensível, impedem o seu rápido resfriamento noturno, pois a geometria dos prédios produz um aprisionamento do ar e uma superfície de grande aspereza, contribuindo também para os altos níveis de poluição atmosférica. A persistência de situação de inversão térmica nos baixos níveis da atmosfera da cidade contribuiu, de forma decisiva, para acentuar os níveis de poluição do ar urbano. Daí o máximo de intensidade da ilha de calor alcançado no período noturno, como ocorreu nos experimentos de campo feitos na cidade do Rio.

Os resultados em relação ao monitoramento do campo térmico na cidade do Rio de Janeiro demonstraram que a alteração nos parâmetros naturais do ambiente impostas por novos padrões de uso do solo, em função das propriedades dos materiais de construção e da geometria urbana, expressaram, significativamente, as diferentes capacidades de armazenamento e estocagem de calor que propiciam o surgimento de núcleos de ilhas de calor de forte intensidade na cidade.

Esses, dentre outros aspectos, direta e/ou indiretamente relacionados ao clima da cidade, devem ser devidamente considerados no planejamento e nos projetos de intervenção urbana visando maior eficiência e desempenho das funções da cidade e melhor orientação ao seu crescimento. Como exemplo, a criação e ampliação de espaços verdes adequados como forma de minimizar os efeitos do desconforto gerado pela ilha de calor, contribuindo, ao mesmo tempo, para a redução das elevadas concentrações de poluição atmosférica e o efeito das inundações urbanas.

O próprio Plano Diretor da Cidade do Rio de Janeiro, que reúne as diretrizes de uso e ocupação do solo para cada uma das cinco grandes áreas de planejamento da cidade, indica os vetores de crescimento urbano onde o Poder Público deve intervir para promover o adequado aproveitamento dos vazios urbanos e para condicionar a utilização do solo à proteção do meio ambiente e do patrimônio cultural. No detalhamento das políticas setoriais que versam sobre meio ambiente e valorização do patrimônio cultural, habitação, transporte, serviços públicos e equipamentos urbanos, entre outros, foram definidos objetivos, diretrizes, instrumentos e programas específicos para esses

setores, considerados os mais importantes para o planejamento da cidade. Foi definida, ainda, uma nova legislação urbanística, e seu detalhamento no nível dos bairros a partir dos Projetos de Estruturação Urbana (PEU), que cumprirá o papel de planos locais de desenvolvimento microurbano, disciplinando a execução de obras e edificações, sob a coordenação da Secretaria Municipal de Urbanismo. Tendo como unidade básica o bairro, o PEU trata de questões de ocupação e uso do solo, consideradas essenciais para orientar o crescimento de um bairro ou conjunto de bairros (orientação de construção dos prédios, gabarito dos edifícios, localização das atividades, classificação das ruas, definição das áreas para uso público, áreas de preservação). Suas propostas visam melhorar a qualidade do meio ambiente e diminuir a poluição ambiental, desmoronamentos, desabamentos, inundação, carência de áreas verdes, tornar a vida no bairro mais confortável e proteger as características e os lugares importantes para a população (Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 1990).

Nos Projetos de Estruturação Urbana (PEU), a regulamentação de construção deve incluir a regulação do espaço edificado e limitações para a altura dos edifícios, o acesso à luz, à ventilação e à visão da paisagem, a circulação (interna e externa) do ar; valores estéticos e históricos como recursos de valorização de edificações que implicam efeitos externos e, por isso, devem ser considerados e/ou preservados.

Por outro lado, o espaço aberto como recurso urbano deve cumprir as funções de recreação, lazer e amenidade no mais amplo sentido e de proteção ecológica de valores importantes, como preservação do verde e renovação do ar intraurbano. Considerado uma oportunidade especial para o exercício da cidadania, o PEU deve contar com a participação dos usuários do bairro e órgãos do governo em todas as fases de sua elaboração. Mas, como equacionar questões relevantes explicitadas e priorizadas nos PEUs visando orientar o crescimento e o bom funcionamento de cada bairro, se desconsiderarmos *o modo e o quantum* os inúmeros micro climas desses bairros são rápida e intensamente afetados pelas rápidas intervenções, voluntária ou inadvertidamente, que se processam nesta escala? (Brandão, 1999).

Uma das mais importantes recomendações no meu ponto de vista, como um necessário exercício de cidadania, é que governantes e governados, todos como usuários e corresponsáveis pelo bom desempenho das funções socioambientais da cidade, façam cumprir a legislação e os regulamentos da cidade. Como destacado anteriormente, o Plano Diretor da cidade do Rio de Janeiro tem como metas diminuir poluição ambiental, desmoronamentos, desabamentos, inundação, carência de áreas verdes e proteger as características e os lugares importantes para a população, tornando a vida no bairro mais

confortável, o que pode se traduzir na proteção do clima e melhora da qualidade do meio ambiente como o mais valioso patrimônio da humanidade. Isto é, certamente, um processo lento, que requer uma nova postura, uma mudança de estilo de vida que exige um rigoroso planejamento, integrado e participativo, em busca do recomendável desenvolvimento sustentável.

Finalizo o capítulo transcrevendo referência de Chandler, um dos precursores dos estudos de clima urbano, em cujas conclusões de há 25 anos, que continuam válidas nos dias atuais, admitiu: "A razão para a negligência sobre a questão climática tem sido, em parte, o relativamente recente aparecimento da ciência Climatologia Urbana e, em parte, os elos relativamente fracos de comunicação que atualmente existem entre a Climatologia e o Planejamento. Mas em vista do crescimento exponencial da população do mundo e do ritmo crescente da urbanização, fica claro que nossas cidades devem, onde for apropriado, ser convenientemente planejadas, de forma a otimizar o ambiente das áreas urbanas e evitar uma série de falhas de traçados estruturais e funcionais. O clima é elemento essencial nesse planejamento" (Chandler, 1976, citado por Gregory, 1992).

NOTAS

1. Resumo condensado e atualizado da Tese de Doutorado da autora, defendida no Departamento de Geografia/Universidade de São Paulo. São Paulo, dezembro, 1996.

2. Professora-adjunta do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro/UFRJ.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, M. de A. "A Cidade, a montanha e a floresta". In: Abreu, M. de A. (org.). *Natureza e Sociedade do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, Secretaria Municipal de Cultura, Turismo e Esporte, 1992, pp. 54-103
- ALCOFORADO, M. J. *O clima da região de Lisboa – contrastes e ritmos térmicos*. Lisboa, Tipografia Guerra-Viseu, 1993, 347 p.
- BÁRRING, L; MATTSON, J. O. and LINDQVIST, S. "Canyon geometry, street temperatures and urban heat island in Malmo, Sweden". *Journal of Climatology*, v. 5, pp. 433-44, 1985.
- BORNSTEIN, R. D. "Observations of the urban heat island effect in New York city". *Journal of Applied Meteorology*, v. 7, pp. 572-82, 1968.

- BRANDÃO, A. M. P. M. *Tendências e oscilações climáticas na área metropolitana do Rio de Janeiro*. Departamento de Geografia, FFLCH/USP. São Paulo, 1987. Dissertação de Mestrado, v.1, 320 p.
- _____. *As alterações climáticas na área metropolitana do Rio de Janeiro: uma provável influência do crescimento urbano*". In: ABREU, M. de A. (org.): *Natureza e sociedade no Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, Secretaria Municipal de Cultura, Turismo e Esporte, 1992, pp. 143-200.
- _____. *O Clima Urbano da Cidade do Rio de Janeiro*. Departamento de Geografia, FFLCH, USP. Tese de Doutorado. São Paulo, 1996. 362 p.
- _____. (1997). "As chuvas e a ação humana: uma infeliz coincidência". In: *Tormentas cariocas*. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, pp. 21-38.
- _____. "O clima no planejamento da cidade". In: *Ciclo de Palestras Ambientais*. Comissão de Meio Ambiente/CMA. Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Estado do Rio de Janeiro/CREA-RJ. Rio de Janeiro, 1999. (Mimeografado).
- _____. e Santos, S. R. dos. "Uma comprovação estatística para o problema dos termômetros". In: *VI Simpósio Nacional de Geografia Física Aplicada*, 1, 1995b, Goiânia. Anais... Goiás, UFG, 1995b. pp. 216-21.
- _____. et al "A qualidade do ar na metrópole carioca: uma análise temporoespacial das partículas em suspensão no período 1980 a 1990". In: *First international exhibition of environmental technology & third international seminar on the environmental problems of urban centers*, 1, 1995c, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, Biosfera, 1995c. pp. 19-21
- BRUCE, J. P. *La atmosfera de la Tierra : planeta viviente*. WMM, n. 735, Genebra – Suíça, 1990.
- _____. *Météorologie et hydrologie dans la perspective d'un développement durable*. OMM 769. Genève-Suisse, 1992. 55 p.
- CHANDLER, T. J. "The changing form of London's heat island". *Geography*, V. 46, part. 4, n. 213, 1961.
- _____. "London's urban climate". *The Geographical Journal*. v. 128, pp. 279-302, 1962.
- _____. *The Climate of London*. London Hutchison. University Library Publishers, 1965. 287 p.
- CIMA (Comissão Interministerial para a Preparação da Conferência da Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento). *Subsídios técnicos para a elaboração do relatório nacional do Brasil para a CNMAD (Conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento) – versão preliminar – Brasília, 1991, 171p.*
- DANNI, I. M. *Aspectos temporoespaciais da temperatura e umidade relativa de Porto Alegre em Janeiro de 1982*. Departamento de Geografia, FFLCH/USP. São Paulo, 1987. Dissertação de Mestrado, 132 p.
- DANNI-OLIVEIRA, I. M. *A cidade de Curitiba/PR e a poluição do ar. Implicações de seus atributos urbanos e geocológicos na dispersão de poluentes em período de inverno*. São Paulo, FFLCH/USP, 1999, inédita, 320 p.
- DETTWILLER, J. *Mémorial de la météorologie nationale: évolution séculaire du climat de Paris. Influence de l'urbanisation*. Paris, Ministère transports/Secrétariat Général à l'Aviation Civile, 1970, 83 p.
- DUCKWORTH, F. S., SANDBERG, J. S. "The effect of cities upon horizontal and vertical temperatures gradients". *Bull Am. Met. Soc.* v. 35, n. 5, p. 198-207, 1954.
- EAGLEMAN, J. R. "A comparison of urban climatic modifications in three cities". *Atmospheric Environment*. v. 8, pp. 1131-42, 1974

- FEEMA (Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente). *Qualidade do ar na região metropolitana do Rio de Janeiro* – 1984/1987. Rio de Janeiro. FEEMA, 1989, 76 p.
- FRETER, H. (1998). *Natural disasters, phenomena of the earth, causes, course, effect, simulation*. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg. Multimedia Program on CD-Rom.
- GEIGER, R. *Manual de Microclimatologia. O clima da camada de ar junto ao solo*. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa, 1961. 556 p.
- GOLDREICH, Y. "The structure of the ground-level heat island in a central business district". *Journal of Climate and Applied Meteorology*. v. 24, p. 1237-44, 1985.
- GOMEZ, A. L. et al. *El clima de las ciudades españolas*. Madrid, Editora Cátedra, 1993a, 267 p.
- _____. et al. *El clima urbano. Teledetección de la isla de calor en Madrid*. Madrid, MPOT (Ministerio de obras públicas y transportes), 1993b.
- GREGORY, K. J. *A natureza da geografia física*. Rio de Janeiro, Editora Bertrand Brasil, 1992, 367 p.
- HASENACK, H. *Influência de variáveis ambientais sobre a temperatura do ar na área urbana de Porto Alegre*. Departamento de Geografia, UFRGS. Porto Alegre, 1989, 94 p.
- HOUGHTON, J. *Global warming. The complete briefing*. Cambridge University Press. USA, 1999. 251 p.
- ITO, K. *A geometria da insolação: métodos e utilidades*. Tóquio: OMU, 1976.
- JAUREGUI, E. *Los climas urbanos tropicales – revisión y evolución. Conferencia técnica de la WMM sobre climatología urbana y sus aplicaciones particularmente en lo que se refiere a las regiones tropicales*. Doc. 6. Cidade do México, 1984.
- _____. "The human climate of tropical cities: an overview". *International Journal of Biometeorology*. v. 35, n. 3, p. 151-60, 1991.
- JEPMA, C. J. and MUNASINGHE, M. *Climate, change, policy. Facts, issues, and analyses*. Cambridge University Press. U.S.A 1998. 331 p.
- KOPEC, R. J. "Further observations of the urban heat island in a small city". *Bulletin of American Meteorological Society*, v. 57, n. 7, 1970.
- LANDSBERG, H. E. "The climate of towns". In: Thomas, W. E. (org.): *Man's role in Changing the face of Earth*, 1956, pp. 584-606.
- _____. "The urban heat island". In: *The Urban Climate*, Academic Press, New York, 1981.
- LEGGET, J. *Aquecimento global. O relatório do Greenpeace*. Legget, Jeremy (editor Responsável). Editora da Fundação Getúlio Vargas. Rio de Janeiro, 1992. 516 p.
- LOMBARDO, M. A. *A ilha de calor nas metrópoles. O exemplo de São Paulo*. São Paulo, HUCITEC, 1985, 244 p.
- MAITELLI, G. T. *Uma abordagem tridimensional de clima urbano em área tropical continental: o exemplo de Cuiabá-MT*. Departamento de Geografia, FFLCH/USP. São Paulo, 1994. Dissertação de Doutorado, 284 p.
- MENDONÇA, F. A. *O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno (proposição metodológica para o estudo e sua aplicação a cidade de Londrina/PR)*. Departamento de Geografia, FFLCH/USP. São Paulo, 1994. 322 p.
- MONTEIRO, C. A. F. *Teoria e Clima Urbano*. Série Teses e Monografias, São Paulo, n. 25, 1976, 181 p.
- _____. "Derivações antropogênicas dos geossistemas terrestres no Brasil e alterações climáticas: perspectivas urbanas e agrárias ao problema da elaboração de modelos de avaliação". *Simpósio "A comunidade vegetal como unidade biológica, turística e econômica"*, 1, 1978, São Paulo. Anais... São Paulo, Secretaria de Agricultura/Ciência e Tecnologia / Academia de ciências do Estado de São Paulo, 1978. Publicação n. 15, pp. 43-74, 1978.

- _____. *A questão ambiental no Brasil: 1960-1980*. São Paulo, IGEO/USP, 1981.
- _____. *El estudio de los climas urbanos en las regiones tropicales de América del Sur: la contribución brasileña. Conferencia técnica sobre climatología urbana y sus aplicaciones con especial referencia a las regiones tropicales*. Doc. 11. Cidade do México, 1984.
- _____. *Geosul*, Revista do departamento de Geociências da UFSC. Florianópolis, Ano 5, n. 9, 1990.
- _____. "A interação homem-natureza no futuro da cidade". In: *Geosul*. Editora da UFSC. Florianópolis, 1992. 14, VIII, 7-136.
- OKE, T. R. *Boundary Layer Climate*. London, Methuen e CO, 1978, 372 p.
- _____. "Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations". *Journal of Climatology*, v. 1, pp. 237-54, 1981.
- _____. "The energetic basis of the urban heat island". *Quart. J. R. Met. Soc.* v. 108, n. 455, p. 1-24, 1982.
- OKE, T. R. e HANNEL, F. G. "The form of urban heat island in Hamilton, Canadá". In: *Technical Note*. WMO, n. 108, Genebra, 1970.
- _____. et al. "Simulation of surface urban heat islands under "ideal" conditions at night". *Boundary layer Meteorology*, v. 56, Part. 2: Diagnosis of Causation, pp. 339-58, 1991.
- PETERSON, J. T. "The climate of cities: a survey of recent literature". In: McBoyle, G. (org.). *Climate in Review*, University of Waterloo, 1973.
- Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Secretaria Municipal de Urbanismo. *Plano Diretor*. Rio de Janeiro, Relatório, 1990.
- _____. *Anuário Estatístico da Cidade do Rio de Janeiro (93/94)*. Rio de Janeiro, Editora Iplan-Rio, 1994.
- RIBEIRO, L. C. de Q. "Reforma urbana na cidade da crise: balanço técnico e desafios". In: RIBEIRO, L. C. de Q. e JÚNIOR, O. A. dos S. (orgs.). *Globalização, Fragmentação e Reforma Urbana: O Futuro das cidades Brasileiras na Crise*. Rio de Janeiro, Editora Civilização Brasileira, 1994, pp. 261-90.
- ROCHA, S. "Renda e pobreza nas metrópoles brasileiras". In: RIBEIRO, L. C. de Q. e JÚNIOR, O. A. dos S. (orgs.). *Globalização, Fragmentação e Reforma Urbana: O Futuro das cidades Brasileiras na crise*. Rio de Janeiro, Editora Civilização Brasileira, 1994, pp. 121-46.
- SAKAMOTO, L. L. S. *Relações entre a Temperatura do Ar e a "Configuração do Céu" na Área Central da Metrópole Paulistana: Análise de dois episódios diários*. Departamento de Geografia, FFLCH/USP. São Paulo, 1994. Dissertação de Doutorado, 190 p.
- SCHIMID, J. A. "The environmental impact of urbanization". In: MANNERS, I. R. e MARVIN, W. (orgs.). *Perspectives on Environment*. Washington, Mikesell Editors, Association of American Geographers, n. 13, 1974.
- SEKIGUTI, T. *Thermal Situations of Urban Areas, Horizontally and Vertically*. WMO Teach. Note n. 108, WMO n. 254. Genebra / Suíça, 1975, pp. 137-38.
- STEYN, D. G. "The calculation of view factors from fisheye-lens photographs". *Atmosphere Ocean*, v. 18, n. 3, p. 254-258, 1980.
- TERJUNG, W. H. "Climatic Modification". In: Manners, I. R. e Marvin, W. (orgs.): *Perspectives on Environment*. Washington, Mikesell Editors, Association of American Geographers, n. 13, 1974.
- TULLOT, I. F. *El Hombre y su Ambiente Atmosférico*. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid, 1991. 229 p.
- WITHE, G. *Natural hazard: Local, National, Global*. Oxford University Press, New York, 1974, 288 p.

A CIDADE DE CURITIBA E A POLUIÇÃO DO AR

Implicações de seus atributos urbanos e geoecológicos na dispersão de poluentes em período de inverno

Inês Moresco Danni-Oliveira

A opção da humanidade por habitar coletivamente notabilizou a cidade por possibilitar aos seus habitantes todas as vantagens de acesso à habitação, emprego, abastecimento, energia, saneamento, transporte, saúde, educação e lazer. Entretanto, a par de tais facilidades, uma das consequências negativas desse habitat urbano, sem dúvida, tem sido os impactos ambientais gerados por ela.

Os problemas ambientais que decorrem do intenso crescimento populacional das cidades em consórcio com os advindos dos aspectos socioeconômicos resultam, frequentemente, em muitas cidades e áreas metropolitanas brasileiras em situações de colapso de seu meio, quer por episódios de transbordamento de seus rios ou de sua rede de esgotos pluviais, de desmoronamentos das vertentes de seus morros, quer por situações de alto comprometimento da qualidade do ar que seus moradores respiram.

Na década de 1970, quando a população urbana brasileira ultrapassou o índice de 56% de participação na população total (Santos, 1994, p. 135), a Região Metropolitana de Curitiba sobressaía-se por apresentar a maior taxa de crescimento (5,78%) em relação às demais regiões metropolitanas do país. Na década seguinte (1980-1991), embora este índice tenha caído para 3,64%, ele expressa um acentuado incremento populacional, que lhe permitiu continuar "captaneando" o ranque de crescimento das Regiões Metropolitanas Brasileiras (Firkowsky, 1997). Este acelerado crescimento manifesta-se em Curitiba

pelo “salto” populacional que a cidade deu de 1970, quando sua população era de 609.026 habitantes, para 1.465.698 em 1996.

Na tentativa de ordenar tal crescimento urbano, no período de 1971 a 1983 foi implementado pelos governos municipais locais o Plano Urbanístico de Curitiba que, graças a um trabalho municipal de “marketing” bem desenvolvido, hoje a caracteriza e a conduz, nacional e internacionalmente, a patamares de cidade de primeiro mundo (Oliveira, 1995).

A camada de ar que recobre a cidade, chamada na Climatologia de *boundary layer* (Oke, 1978), não escapa à ação derivadora desse processo de crescimento que Curitiba vem apresentando, como atestam os resultados preliminares encontrados em algumas pesquisas (Danni-Oliveira, 1992 e 1997). Além da natural expansão da ocupação do solo urbano para os limites territoriais do município, a partir da década de 1980 o adensamento populacional tem se manifestado notadamente pela verticalização de suas construções ao longo das principais vias de circulação da cidade, denominadas de Eixos Estruturais, que assim podem estar atuando como verdadeiras barreiras à livre circulação do ar. Acompanhando este crescimento populacional, e manifestando-se no cotidiano dos habitantes da cidade por meio dos costumeiros engarrafamentos de tráfego, a frota de veículos, que em 1997 atingia cerca de 620.000 veículos, constitui-se em uma das principais fontes de poluentes do ar.

Assim, levada pelas indagações de como estaria se processando a dispersão dos poluentes diante do quadro de intenso trânsito de veículos e uma estrutura urbana linear com elevado adensamento vertical, procedeu-se o desenvolvimento desta pesquisa. A mesma buscou a compreensão da espacialização dos contaminantes do ar na cidade na perspectiva de entender como as feições urbano-topográficas locais articulam-se com os parâmetros de qualidade do ar, e como os mesmos são afetados pela dinâmica atmosférica regional.

O processo formal de planejamento de Curitiba iniciou-se na década de 1940 com o Plano Agache, que não tendo sido totalmente implementado, contribuiu para que o planejamento da cidade fosse retomado com o Plano Serete, implementado a partir de 1970. Ambos constituíram-se em projetos de planejamentos filiados às ideias progressistas da Carta de Atenas. Enquanto o Plano Agache organizou a setorização funcional da cidade, bem nos moldes das “...necessidades humanas universais...” editadas pela Carta em “...quatro grandes funções: habitar, trabalhar, locomover-se e cultivar o corpo e o espírito” (op.cit., p. 21), o Plano Serete redimensionava tais funções e propunha, em sua versão original, o conceito de cidade-jardim, proposto no planejamento progressista de Le Corbusier: “...isolar no sol e no verde edifícios que deixam de ser ligados uns aos outros...” (Choay, 1997, p. 21).

Atendendo ao jogo local das forças político-econômicas atuantes em Curitiba, os rearranjos a que o Plano Serete foi submetido ao longo de seus quase 25 anos de implementação foram conceitualmente pautados nas ideias de formas-tipo e de geometria do urbanismo progressista manifestados na estruturação e nas edificações das Vias Estruturais, que abandonaram a ideia das torres-jardins. Em linhas gerais, o plano adotou o sistema linear de vias de circulação como elemento norteador do crescimento urbano, e incorporou a especialização funcional dos espaços urbanos com usos predominantes ou exclusivos de áreas residenciais, comerciais e industriais. As principais alterações e ampliações que se procederam à implementação do plano original e que respondem pelas feições urbanas que hoje a cidade apresenta correspondem ao Sistema Trinário, à Rede Integrada de Transporte e ao Plano Massa (Oliveira, 1994).

A orientação espacial da dinâmica populacional curitibana realizada pelo Plano resultou num arranjo funcional-morfológico da cidade sob a forma de estrela/tentáculo, em que as grandes Vias Estruturais que partem/tangenciam o Centro conduzem ao longo de seus eixos a maciça verticalização da cidade. Assumindo importante papel no escoamento do fluxo de veículos e pessoas na cidade, o Sistema é constituído por uma rua central com uma canaleta exclusiva para circulação de transporte coletivo, ladeada por pistas estreitas de fluxo lento de veículos particulares. A esta via seguem-se duas outras paralelas, porém não contíguas, possibilitando a rápida circulação de veículos, sendo uma no sentido centro-bairro e outra no sentido inverso. Assim, é justamente naquelas avenidas de grande adensamento populacional que a circulação de veículos é mais intensa e preferencial.

Sob o ponto de vista da Climatologia Urbana, as torres residenciais ladeadas por áreas verdes e de lazer, além de propiciarem um caráter mais saudável/agradável à paisagem urbana, poderiam ter sido extremamente benéficas para a qualidade climática local, pois estariam favorecendo a incidência da radiação solar, as trocas dos fluxos de calor e de umidade, bem como a dispersão de poluentes, na medida que estaria se criando uma permeabilidade entre os prédios.

Contudo, esta concepção de torres residenciais foi abandonada pelo Plano Massa, sendo liberada a construção de edifícios nos terrenos inseridos entre as vias do sistema estrutural. Tal atitude dos gerenciadores municipais levou em conta tão somente a ideia de propiciar o buscado adensamento populacional ao longo dos eixos, em consonância com a especulação imobiliária dos incorporadores urbanos locais sem, no entanto, considerar os aspectos de qualidade de vida decorrentes da verticalização que ali se implantaria.

Os resultados alcançados pela implementação do Plano Serete e suas ampliações, bem como o crescimento populacional que Curitiba e sua Região Metropolitana vem apresentando, e ainda considerando-se as atuais políticas econômicas adotadas pela administração estadual e municipal em incentivar a instalação de indústrias nos limites da Região Metropolitana de Curitiba, têm criado feições urbanas que parecem estar comprometendo a qualidade de seu ar, apesar do conceito de cidade ecológica que a mídia e os órgãos municipais e estaduais têm propalado com êxito.

Ao sítio de feições topográficas suaves da cidade, cujos maiores desníveis encontram-se em áreas limitadas de sua porção nordeste e giram em torno de 100 metros, impôs-se nos sentidos norte-sul leste-oeste uma *topografia edificada* preferencialmente ao longo dos terrenos de cota média de 900 metros, ou cruzando os vales fluviais de 850 metros de altitude, que se intercalam com estes “espigões”.

Esta verticalização, ao configurar-se como verdadeira cortina de concreto, tende a alterar a rugosidade da superfície local, ora canalizando os ventos, ora atuando como barreiras à livre circulação do ar. Além disso, é bem conhecido na bibliografia especializada (Brandão, 1996; Danni-Oliveira, 1987, entre tantos) que os prédios agem como armazenadores térmicos, modificando as trocas de energia e assim propiciando a criação de campos térmicos diferenciados.

Dessa forma, em ocasiões sinóticas de estagnação atmosférica, a qualidade do ar pode ficar comprometida, uma vez que a estrutura topográfica edificada tende a propiciar o confinamento dos poluentes lançados pelo intenso trânsito de veículos automotores que nela trafegam, onde os vales são constituídos pelas ruas (com a verticalidade das paredes dos prédios formando vertentes abruptas), constituindo-se em verdadeiras falésias e *canyons* urbanos. Ressalta-se o fato da cidade localizar-se na borda ocidental da rota de deslocamento do sistema Anticiclônico Migratório Polar Atlântico, cuja massa de ar tende a dominar as situações de estabilidade atmosférica, notadamente no período de inverno, quando sua permanência e/ou frequência na região é maior.

As características morfoestruturais e de funcionalidade urbanas imputadas à cidade de Curitiba – e observando-se ainda a continuidade de seu crescimento em consonância com o de sua Região Metropolitana – evidenciam a importância desta pesquisa, sobretudo a necessidade de se avaliar a ação derivadora promovida por seus atributos urbanos sobre a qualidade do ar que seus cidadãos respiram.

Sob tais perspectivas, o estudo aqui desenvolvido tem por objetivo geral analisar espacial e temporalmente o comportamento dos parâmetros

físico-químicos selecionados no âmbito da camada de ar intraurbano (*canopy layer*), diante da ação derivadora promovida pelos atributos da morfologia e de funcionalidade da cidade de Curitiba, com vistas a contribuir para com as questões de gerenciamento da qualidade do ar.

Metodologia

Adotou-se, como referencial metodológico para a concepção desta pesquisa, os seguintes trabalhos conceituais propostos por Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro: *Teoria e Clima Urbano* (1976) e *Derivações Antropogênicas dos Geossistemas Terrestres no Brasil e Alterações Climáticas: perspectivas urbanas e agrárias ao problema da elaboração de modelos de avaliação* (1978).

Estando ambos calcados na Teoria Geral dos Sistemas (TGS), complementam-se mutuamente, de forma a permitir ao pesquisador que os utiliza uma estruturação metodológica clara para atingir seu objetivo de estudo. Embora editado posteriormente junto ao *Teoria e clima urbano*, os pressupostos metodológicos contidos em *Derivações antropogênicas...* foram tomados como alicerce da pesquisa, enquanto que os oriundos do *Teoria e clima urbano* vieram constituir o corpo da mesma, uma vez ser o clima urbano um subsistema dos geossistemas antropogenicamente derivados.

Assim, para alcançar o objetivo último de avaliar a qualidade do ar em Curitiba, o modelo metodológico construído da junção das duas proposições resultou, primeiramente, em selecionar os parâmetros geoecológicos do lugar (variável natureza) e aqueles referentes ao fato urbano (variável sociedade) nele implantados. Apesar de tomados individualmente, a distinção entre “natureza e sociedade não sugere uma separação na análise, mas, ao contrário, visa dar possibilidade de articulação e entrosamento entre ambas” (Monteiro 1978: 61), por ocasião do cruzamento de seus atributos.

As relações decorrentes de tal entrosamento são abordadas como um sistema aberto, uma vez que sujeito à entrada e saída de energia; singular, pois restrito à cidade; complexo, dado à variedade e intensidade de relações que nele se estabelecem; evolutivo, pois seguem a dinâmica do fato urbano bem como a climática, e ainda autorregulável, visto serem passíveis de ações de *feedback* por parte dos agentes gerenciadores urbanos.

O modelo metodológico assim entendido tem suas variáveis naturais e urbanas expressas por uma representação gráfica espaçotemporal, toda vez que possível, onde os *atributos espaciais* são tomados a partir de transectos

longitudinais da cidade e de pontos singulares da mesma, enquanto que os *temporais* correspondem à sucessão diária e/ou semanal dos atributos naturais monitorados ao longo desses transectos e pontos, além dos atributos naturais de controle da atmosfera, tomados a partir da análise rítmica. Uma vez esta representação organizada em pranchas, seu acompanhamento sucessivo permitiu alcançar o aspecto temporal/evolutivo do fenômeno em análise.

A partir dos fundamentos do Sistema Clima Urbano, propostos no já citado *Teoria e clima urbano* (1976), foi possível, num segundo momento, detalhar o modelo metodológico utilizado, selecionando e organizando os elementos (eles próprios variáveis do espaço – Santos, 1997, p. 10) que se articulam com as variáveis em estudo. Estas fazem parte do *subsistema físico-químico* que compõem o Sistema Clima Urbano, aqui entendido como resultante da interação entre o clima de Curitiba e sua urbanização (Monteiro, 1978, p. 95). Assim, o *canal de percepção* utilizado corresponde à comparação das concentrações dos poluentes do ar como material particulado (MP), dióxido de nitrogênio (NO_2) e ozônio (O_3), a partir da amostragem de pontos discretos da área urbana de Curitiba, de modo a permitir uma avaliação relativa de sua qualidade do ar.

O subsistema físico químico resultante foi estruturado levando-se em conta a conexão existente entre seus elementos geoecológicos como vento, umidade relativa, chuva, topografia e tipos de tempo; e entre os elementos urbanos responsáveis pela presença de contaminantes no ar, decorrentes de emissões veicular e industrial, uso do solo e estrutura urbana da cidade.

Os *conceitos de núcleo e ambiente* da Teoria Geral de Sistema (Monteiro, 1976, p. 96) são apontados por meio da análise da inserção de Curitiba em sua Região Metropolitana no que diz respeito às relações entre os atributos urbano-geoecológicos de Curitiba (núcleo) com os de sua área regional/metropolitana (ambiente).

RECURSOS TÉCNICOS

Esta pesquisa viabilizou o estudo da poluição do ar de Curitiba quanto aos componentes ozônio troposférico, material particulado e dióxido de nitrogênio, utilizando-se de equipamentos de custos relativamente reduzidos e de fácil manejo. A mensuração do ozônio troposférico foi realizada utilizando-se o monitor passivo denominado “Eco badge”, fabricado pela empresa americana Vistanomics Inc., que consiste de um tipo de crachá, onde foi colocado o filtro de papel que contém a substância foto-reagente ao ozônio. A leitura dos

índices de ozônio correspondeu a oito horas diárias de exposição dos filtros, sendo dada em classes de partes por bilhão (ppb) e efetuada por meio de tabela colorimétrica específica para o equipamento.

Realizou-se a amostragem do material particulado em suspensão no ar da cidade com o coletor passivo denominado Sigma-2 (S-2), idealizado pela "DWD – Deutscher Wetterdienst" (Instituto Alemão de Meteorologia), e produzido pela "Feinmechalk Instruments für die Meteorologie und Physicigie" – Freiburg, Alemanha. O equipamento permite a deposição de partículas por sedimentação e por difusão turbulenta em lâmina adesiva, eliminando a deposição úmida. Por ser relativamente lenta a deposição natural de partículas, o período necessário de exposição das placas corresponde a uma semana.

O material particulado foi analisado no laboratório de Qualidade do Ar do Instituto de Biometeorologia Humana do "Deutscher Wetterdienst – DWD", Freiburg, Alemanha, por meio de microscópio ótico com campo iluminado para transiluminação qualitativa, com sistema de objetivas óticas de $10\times$ e $20\times$. O mesmo é equipado com "scanner de estágio" motorizado por computador, e com equipamento de foco automático sendo as análises realizadas por um *Sistema de Processamento de Imagens* (SPI) do tipo Kontron/SEM-IPS para microscópio ótico quantitativo. De cada placa de vinil com o material particulado coletado, foi retirado do centro uma área amostral de 18 mm^2 que, preparada em lâminas de vidro com óleo específico, foram examinados no SPI. O SPI analisa 16 imagens geradas a partir da varredura da amostra de acordo com rota "em dominó". Cada imagem contém 512 pixels, e cada pixel contém 0,8 mm. O método permite identificar o número e o tamanho de partículas depositadas na placa coletora com diâmetros aerodinâmicos entre 3 e $48\text{ }\mu\text{m}$, de modo que os dados expressem a razão de deposição por intervalo de tamanho das partículas² sendo nesta pesquisa simplificada a denominação para *razão de deposição*.

Três grupos de partículas podem ser identificados por este método: a) partículas inorgânicas transparentes de origem natural, constituídas por minerais provenientes do solo, em sua maioria; b) partículas biogênicas transparentes de origem natural, como, por exemplo, pólen, esporos; c) partículas opacas de origem antropogênica, como, por exemplo, resíduos da abrasão de pneus e de combustão.

Com o material particulado foram realizadas análises de partículas de nitrato e sulfato solúveis em água pelo método que se utiliza de ioncromatógrafo com o Fotômetro SQ 118 marca Merck, sendo identificados os íons nitrito NO_2^- e sulfito SO_3^{2-} . Os dados são apresentados em termos de razão deposição ácida em g/m^3 devido à carência de dados seguros a respeito da velocidade de deposição das partículas de nitrato e sulfato.

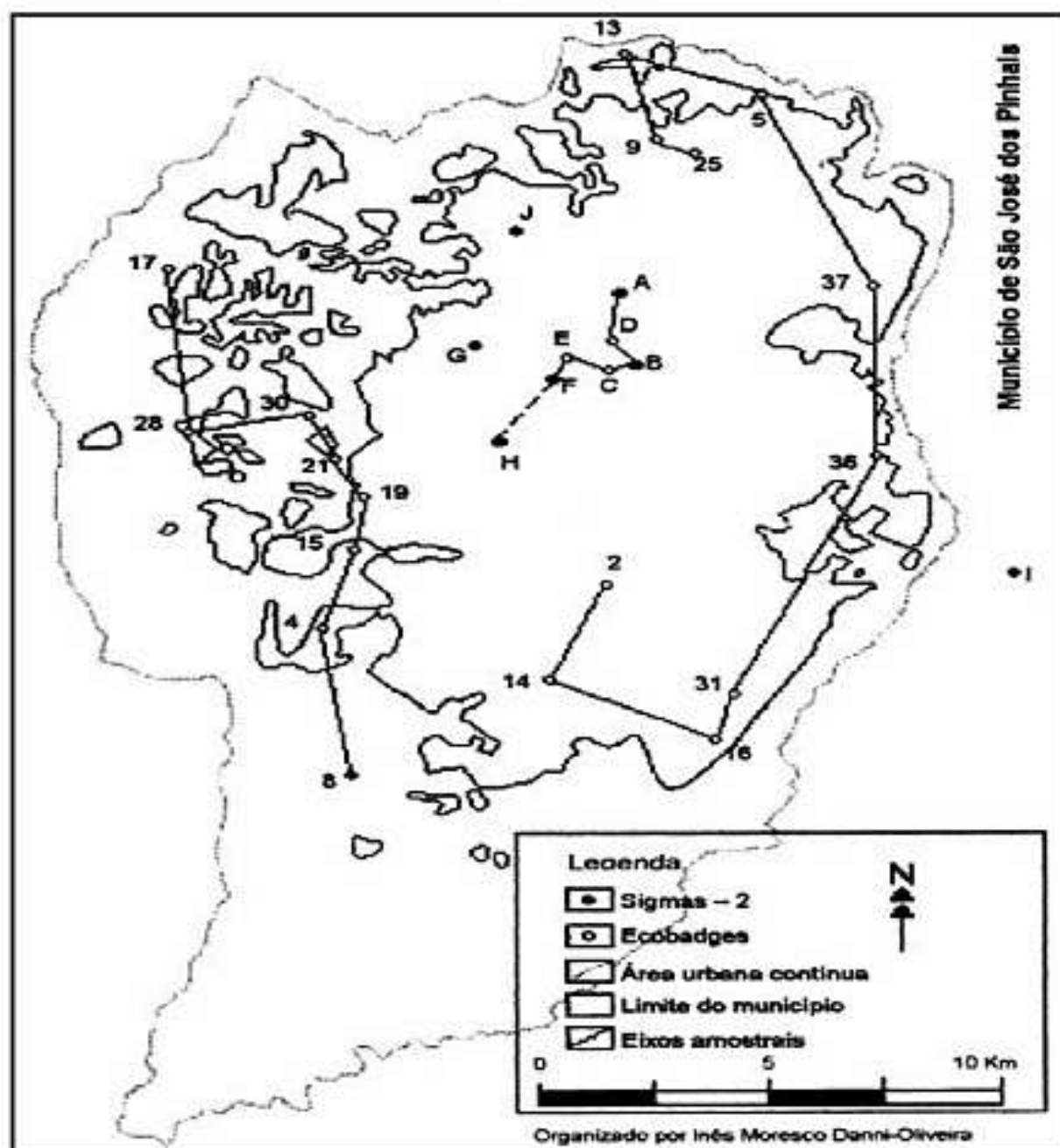
O gás dióxido de nitrogênio – NO_2 – foi coletado semanalmente em um tubo de difusão molecular (em conformidade com o *tubo de difusão de Palmes* Palmes et alli, 1976), fixado na extremidade superior interna do Sigma-2 (Figuras 3 e 4). Os tubos de NO_2 foram preparados no laboratório de Qualidade do Ar da DWD. Após a exposição, os filtros foram analisados pelo mesmo laboratório conforme o método já descrito, sendo os resultados apresentados em g/m^3 .

Os Sigmas-2 foram fixados em um suporte de madeira de 1,50 m de altura, instalados nos pontos selecionados e ao ar livre. As placas coletoras eram trocadas às segundas-feiras pela manhã e, adequadamente acondicionadas em recipiente próprio, eram enviadas para análise ao Laboratório de Qualidade do Ar da DWD.

O período de amostragem para o monitoramento dos elementos em estudo escolhido foi o mês de agosto por ser o mais seco do ano (Danni-Oliveira, 1997), estendendo-se ao mês de setembro em algumas campanhas. Foram realizadas três campanhas de monitoramento da poluição, cujos períodos correspondentes são: 05/8 a 02/9/1996; 04/8 a 08/8/1997 e 17/8 a 21/9/98.

As variáveis de qualidade do ar monitoradas na *campanha de 1996* corresponderam à concentração de ozônio em superfície e à concentração de material particulado em suspensão no ar. Para o primeiro caso, fez-se uso do Eco badge com exposição de 8 horas contínuas, sendo os filtros colocados às 9h e retirados às 17h. Os pontos selecionados obedeceram à distribuição das escolas municipais constituídas pelos Centros de Estudos Integrals – CEI, situadas na periferia da cidade, que colaboraram com a pesquisa. Além destes, foram instalados mais três Eco badges em ruas de elevado tráfego de veículos (correspondentes aos pontos C, D e E na Figura 1) que, somados aos seis outros medidores colocados junto aos Sigmas-2 utilizados nesta campanha (correspondentes aos pontos A, B, F, G, H e 8 na Figura 1), totalizaram 26 pontos de aferição da concentração de O_3 .

Com relação ao material particulado, por se dispor de somente três Sigmas-2 nesta campanha, optou-se por limitar o período de coleta de dados em duas semanas por local, de modo a permitir um rodízio na utilização dos equipamentos. Assim, nas quatro semanas correspondentes ao período de análise, foram monitorados seis diferentes locais da cidade (plotados como A, B, F, G, H e 8 na Figura 2). A seleção dos pontos amostrais procurou privilegiar os Eixos Estruturais (Água Verde, Bigorrilho e Juvevê), o adensamento de edificações característico do bairro central (Bombeiros) e o elevado fluxo de veículos que nele ocorre (Rodoviária). Como uma das peculiaridades de Curitiba é apresentar um setor especializado no uso industrial, elencou-se também o bairro da Cidade Industrial (CIC), como área de amostragem.

Figura 1**Localização dos pontos amostrais**

Na campanha de 1997 foi suspenso o controle do ozônio e introduzido o monitoramento do dióxido de nitrogênio – NO_2 , utilizando-se para isso os “tubos de Palmes”. Neste ano, ampliou-se o período de amostragem em detrimento da diminuição do número de locais amostrados. Assim, reduziu-se o número de pontos monitorados na cidade para três, porém estendeu-se este monitoramento para cinco semanas, correspondentes ao período de 4 de agosto a 7 de setembro. Foram selecionados três dos pontos utilizados na campanha anterior: Rodoviária (Centro), rua Guilherme Pugsley (Água Verde – Eixo Estrutural) e av. João Gualberto (Juvevê – Eixo Estrutural), onde naquela ocasião foram

registrados os mais elevados valores de material particulado. Como neste ano foi possível a utilização de mais um Sigma-2, acrescentou-se um novo ponto de controle das variáveis em estudo localizado na sede campestre da Associação Médica do Paraná, localizada no município de São José dos Pinhais contíguo a Curitiba, conforme indica a letra "I" na Figura 2. A opção por um local afastado da área urbana pautou-se na necessidade de comparar as concentrações mensuradas na cidade com aquelas livres de qualquer influência urbana direta.

Por questões técnicas, a *campanha de 1998* só pôde contar com três pontos de amostragem, sendo seu início retardado para meados de agosto. Diante de tais limitações, foram mantidos dois dos locais da campanha anterior, quais sejam, rua Guilherme Pugsley (bairro Água Verde) e av. Padre Anchieta (bairro Bigorrilho), de modo a permitir o conhecimento da variabilidade temporal ao longo dos três anos. O terceiro local selecionado (bairro Pilarzinho/Vista Alegre das Mercês) foi escolhido por suas características residenciais, unicelulares de fraco adensamento, em bairro onde a presença de vegetação é dominante, pelo estilo de residências de alto padrão com áreas de bosque e jardins. Tal decisão pautou-se na necessidade de monitorar-se uma área tipicamente residencial como elemento de contraste que permitisse um paralelo aos locais cujos critérios de seleção se prenderam às questões de forma-estrutura que orientam esta pesquisa. O aparelho foi instalado a 8 m da rua, no jardim de uma residência.

Nos experimentos de 1996 e 1997, os dados das amostras de pó em suspensão coletadas pelo IAP na estação da Santa Casa de Misericórdia, localizada no centro da cidade, foram também utilizados comparativamente, guardando-se a ressalva do fato de empregar-se nesta tese um método de obtenção das amostras não coincidente com o empregado por aquele Instituto, que utiliza o amostrador ativo do tipo HiVol. Infelizmente, não foi possível dar continuidade a esta análise na campanha seguinte, uma vez que o IAP não disponibilizou os referidos dados do período de 1998, alegando problemas referentes ao tratamento dos mesmos na transposição para o sistema de informática.

O controle realizado pelas condições atmosféricas locais na dispersão/concentração dos poluentes analisados durante as três campanhas foi efetuado, primeiramente, por meio de análise rítmica, cujos dados diários das 9h, 15h e 21h locais foram obtidos junto à Estação Meteorológica do Centro Politécnico pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, e por meio de imagens diárias do satélite meteorológico GOES – 18 ou 21h locais, na faixa do infravermelho, fornecidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE via Internet, bem como pelas cartas sinóticas de superfície da Marinha Brasileira, correspondentes ao período de realização dos experimentos. Sendo os ventos uma das variáveis decisivas na dispersão de

poluentes, os mesmos exigiram o detalhamento horário de maneira a permitir uma análise de seu padrão de comportamento ao longo de cada período. A topografia edificada foi definida a partir de levantamento de campo e dos dados disponíveis na Prefeitura Municipal de Curitiba. Realizado no ano de 1998, o levantamento de campo consistiu em computar o número de pavimentos das construções existentes nas quadras que permeiam as ruas componentes dos ETC, rua por rua. Assim, os Eixos Estruturais (também chamados de Eixos Tri-nários de Circulação) foram considerados como transectos, sendo conectados pelo acréscimo de ruas que representaram as edificações do centro da cidade.

Procurou-se traduzir a altura das edificações em um número que expressasse a verticalidade da quadra ao longo dos citados eixos (utilizando-se somente do número de pavimentos por edificação), de modo a permitir a sua representação espacial em um cartograma. Elaborou-se, assim, um *índice de verticalidade relativa (I)* baseado na soma dos pavimentos encontrados em cada quadra, como mostra a igualdade a seguir:

$$I = (\text{n}^{\circ} \text{casas} + \text{n}^{\circ} \text{sobrados}) \times 0,2 + \text{n}^{\circ} \text{de edifícios por classes de pavimentos}$$

O número resultante do emprego da expressão apresentada é relativo, sendo válido quando comparado com os demais, de modo que quanto maior o índice, maior a verticalidade das edificações da quadra. Assim, este recurso singelo permitiu a visualização de sua distribuição espacial por meio de cartogramas, constituindo-se num indicativo da topografia edificada da área de estudo. Nos pontos de amostragem localizados nos ETC, a verticalidade foi detalhada utilizando-se para isso dados de área construída por edificação obtidos junto à Prefeitura Municipal de Curitiba. Calculou-se a taxa de utilização do terreno de acordo com a expressão: $TU = Sc/Sq$, na qual TU é a taxa de utilização, Sc é o somatório da área construída no terreno e Sq é a da quadra. Como a área de cada prédio resulta da soma da área de cada pavimento, esta relação expressa de forma relativa a verticalidade da quadra.

Com os dados das campanhas de 1997 e 98, procedeu-se à análise de correlação linear por meio de matriz de correlação de Pearson, considerando-se as variáveis partículas pretas (PP), partículas totais (T), NO_2 , razão de deposição de NO_3 e SO_4 , velocidade do vento e umidade relativa do ar.

Os dados complementares que compõem as demais variáveis utilizadas, participantes direta ou indiretamente das interações que se processam no sistema concebido, correspondem à carta de densidade demográfica, densidade populacional por bairro, densidade de moradias na cidade, carta de traçado e orientação das ruas, carta de zoneamento urbano, carta dos aspectos físicos de

Curitiba, carta com a topografia da cidade, carta com a hipsometria da Região Metropolitana de Curitiba. O fluxo de veículos foi obtido por amostragem, tomada em janeiro de 1999, utilizando-se da seguinte metodologia: em cada local, durante um minuto, foi contado o número de veículos, em intervalos de 10 minutos, para o período das 8h às 08h30min e das 17h às 17h30min, sendo a quarta-feira o dia escolhido. Com estes dados, calculou-se a média do turno – matutino e vespertino – e a do dia, sendo ambas utilizadas como amostragem do fluxo de veículos por minuto.

Resultados

A urgência em implantar uma rede de monitoramento da qualidade do ar na cidade fica evidente ao se constatar que, em 1998, o município de Curitiba contava com um veículo para cada 2,4 pessoas das cerca de 1.500.000 que habitavam a cidade. Entretanto, a instalação de uma rede de controle da poluição do ar requer dos gestores ambientais municipais um estudo detalhado para dar suporte aos vultosos investimentos financeiros que tal monitoramento exige. Assim, a diversidade de uso do solo da cidade e de seus arranjos morfoestruturais, somados aos elevados custos para implementação de redes de monitoramento, evidenciam a necessidade de uma investigação preliminar ampla com recursos financeiramente mais acessíveis, de modo a conduzir a instalação das estações telemétricas de medição de forma mais racional e adequada possível.

Os recursos técnicos relativamente simples e de custo financeiro comparativamente baixo empregados nesta pesquisa mostraram a viabilidade de tais métodos e possibilitaram atingir resultados que:

- dotaram a cidade de informações a respeito da distribuição espacial de algumas das espécies de contaminantes mais comuns da camada intraurbana, e das quais a cidade não dispunha de nenhum dado, ainda que por meio de sítios de amostragem;
- permitiram uma avaliação da interferência dos atributos urbanos e geoecológicos na dispersão desses contaminantes (tais resultados são temporalmente parciais, uma vez que restringiram-se aos tipos de tempo característicos do período de inverno local).

A utilização de Eco badge, equipamento alternativo de monitoramento do ozônio de superfície, mostrou-se recomendado para proceder a uma avaliação espacial comparativa preliminar das concentrações deste gás, uma vez que seu baixíssimo custo e fácil manuseio permitem a medição de ampla área da

cidade. Entretanto, os dados fornecidos por este equipamento não possibilitaram precisão em sua leitura, em consequência da mesma ser realizada por tabela colorimétrica, o que acarreta um certo grau de subjetividade na sua interpretação.

Desenvolvido cientificamente dentro dos modelos padrões de medição de material particulado, o Sigma-2 configurou-se como ótima opção para a mensuração de material particulado, por ser de custo relativamente baixo e ser de fácil instalação. Suas limitações decorrem do fato dos dados serem integrados em uma semana, não possibilitando o detalhamento da informação em tempo real, e dos dados restringirem-se às partículas com tamanho aerodinâmico específico. Acoplado ao Sigma-2, o Tubo de Palmes, já consagrado na literatura, apresenta a mesma restrição temporal.

As várias dificuldades técnicas, financeiras e metodológicas encontradas ao longo da execução desta pesquisa impediram a ampliação dos sítios de amostragem, bem como uma maior continuidade das observações, o que contribuiu para a escolha do inverno como segmento temporal de análise. Além desses, problemas de ordem operacional, como a segurança dos equipamentos, não permitiram que os sítios selecionados correspondessem àqueles ideais, havendo a necessidade de uma adaptação na escolha das áreas de amostragem de acordo com os objetivos almejados. As restrições impostas pelo número de equipamentos utilizados igualmente impediram uma detalhada investigação do campo físico-químico do ar gerado nas estruturas urbanas dos Eixos Trinários, o que exigiu um número muito maior de equipamentos.

As dificuldades apontadas acima não se constituem em demérito e tampouco reduzem a importância desta pesquisa que, gerando informações por amostragem do comportamento de espécies de contaminantes em vários ambientes urbanos, pretende estar colaborando para com o futuro gerenciamento da qualidade do ar da cidade.

Os resultados alcançados por este estudo permitiram identificar que, nas áreas onde o fluxo de veículos se mostrou mais intenso, houve maior concentração das espécies de material particulado e de dióxido de nitrogênio, em concordância com muitos resultados encontrados na literatura (Segura e Tella, 1995/96, por exemplo). Assim, entre os sítios de amostragem monitorados nesta pesquisa, os da Água Verde e da Rodoferroviária, onde o volume de tráfego foi maior, corresponderam àqueles em que a qualidade do ar se revelou mais comprometida.

As situações em que a incidência de ventos foi menor mostraram-se francamente favoráveis à elevação dos índices das espécies monitoradas em todos os sítios estudados, enquanto que a ocorrência de chuvas favoreceu, grosso modo, a remoção das espécies de material particulado e dos íons nitratos.

A campanha de 1998 evidenciou que a frequência temporal das chuvas exerceu um papel nivelador nos valores dos contaminantes, promovendo assim menor variabilidade dos mesmos ao longo das semanas.

Embora não tenha sido possível estabelecer uma relação direta entre a concentração de poluentes e os tipos de tempo ocorridos, os resultados sugerem que os episódios mais críticos de cada campanha estavam mais frequentemente associados ao domínio da massa PA, e secundariamente de sua frente, em situação de ausência de chuvas.

Os sítios tomados como representativos de ambientes densamente urbanizado (Centro e Rodoferroviária), industrial (CIC), tipicamente residencial (Pilarzinho) e, finalmente, rural (São José dos Pinhais) de modo geral retrataram nos valores dos contaminantes estudados a interferência marcante dos atributos de uso do solo locais (Figura 2), assim observados:

- a Rodoferroviária destacou-se por apresentar seguidamente as maiores concentrações de NO_2 , referendando os veículos como fontes emissoras deste gás (Figura 3);
- a CIC destacou-se por ter gerado os maiores índices de deposição ácida na forma de SO_4 (Figura 4);
- o sítio de São José dos Pinhais (Figura 2), embora tenha registrado os menores volumes de concentração das espécies estudadas, revelou importante aporte de contaminantes por ação transportadora dos ventos, provavelmente procedentes do canteiro de obras da planta da Reneau;
- o sítio do Pilarzinho (Figura 2) mostrou-se o menos poluído dos sítios urbanos, e retratou o efeito de fontes pontuais de emissão associadas à ação transportadora dos ventos.

As taxas de deposição ácida na forma de íons sulfatos foram, invariável e marcadamente, superiores às dos íons nitratos (Figura 4), em consonância com os dados encontrados na literatura (como em Bond, Straub e Prober, 1995). Os valores de NO_3 parecem estar mais associados à emissão veicular, enquanto que os do íon SO_4 com as emissões industriais. A interação da chuva com estes contaminantes sugerem uma maior eficiência na remoção dos íons NO_3 , do que na dos SO_4 .

Com relação às concentrações de ozônio de superfície (Figura 5), observou-se que os sítios de amostragem localizados nos bairros mais afastados manifestaram-se em geral com valores mais acentuados que aqueles sítios localizados em bairros mais centrais, como atesta a literatura (Perry e Young, 1977, p. 294), já que a formação deste gás depende do transporte de precursores. Salienta-se que a ação do vento no transporte dos precursores mostrou-se mais efetiva na formação do gás, do que a nebulosidade na ação inibidora do mesmo.

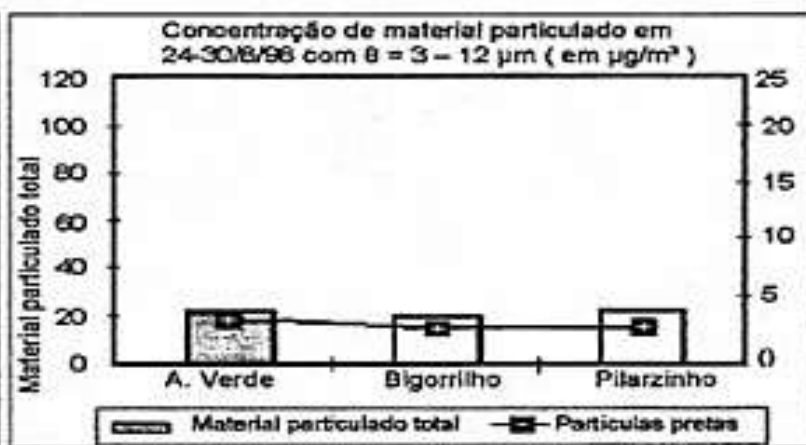
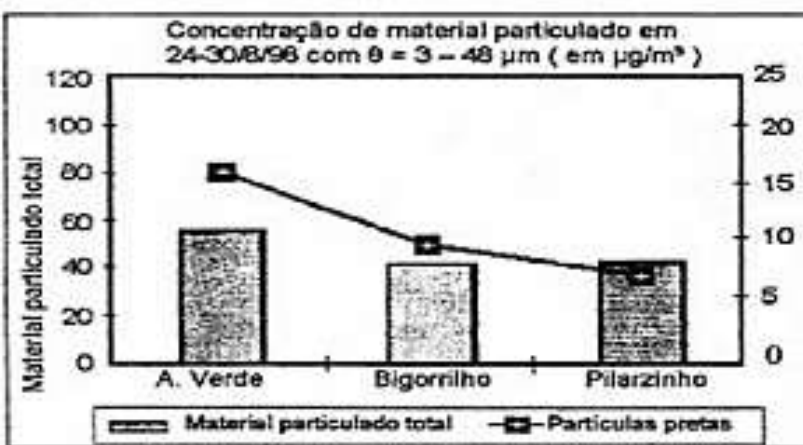
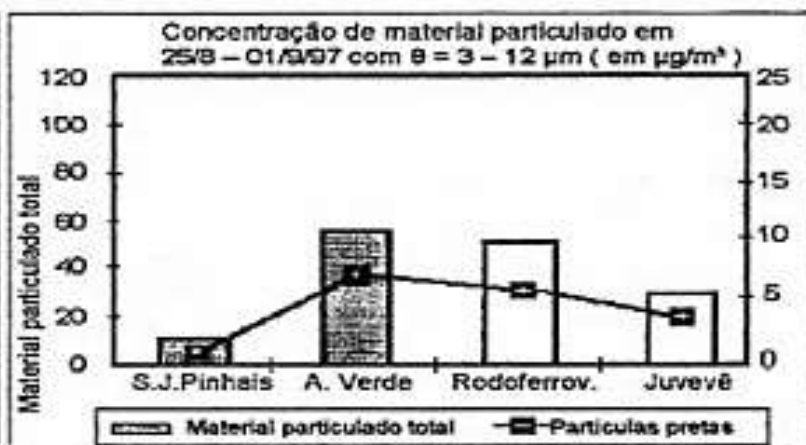
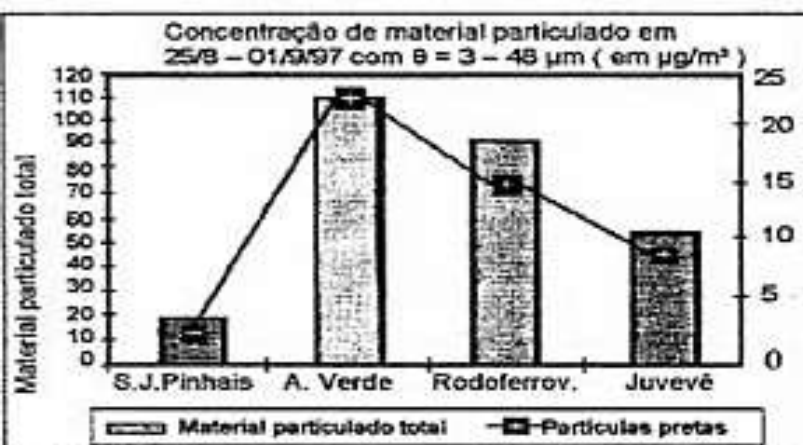
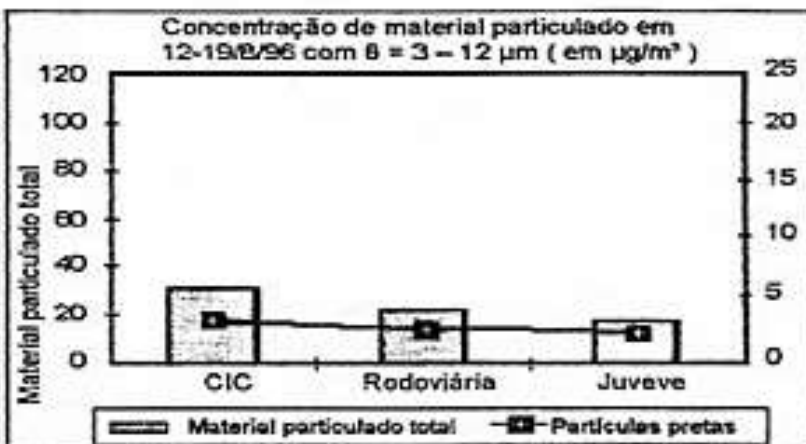
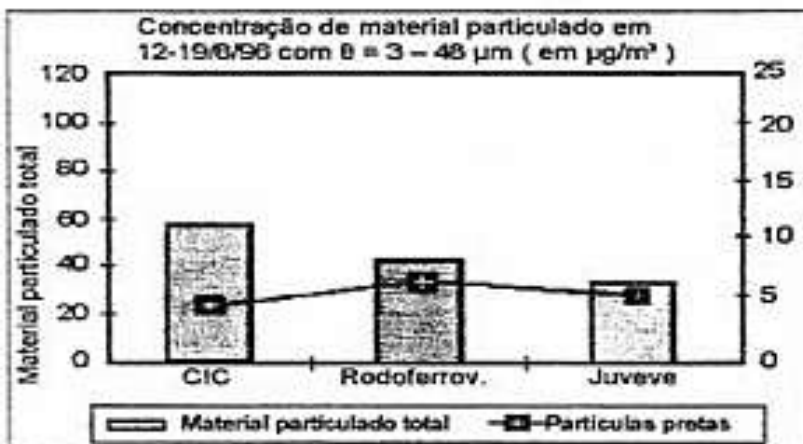
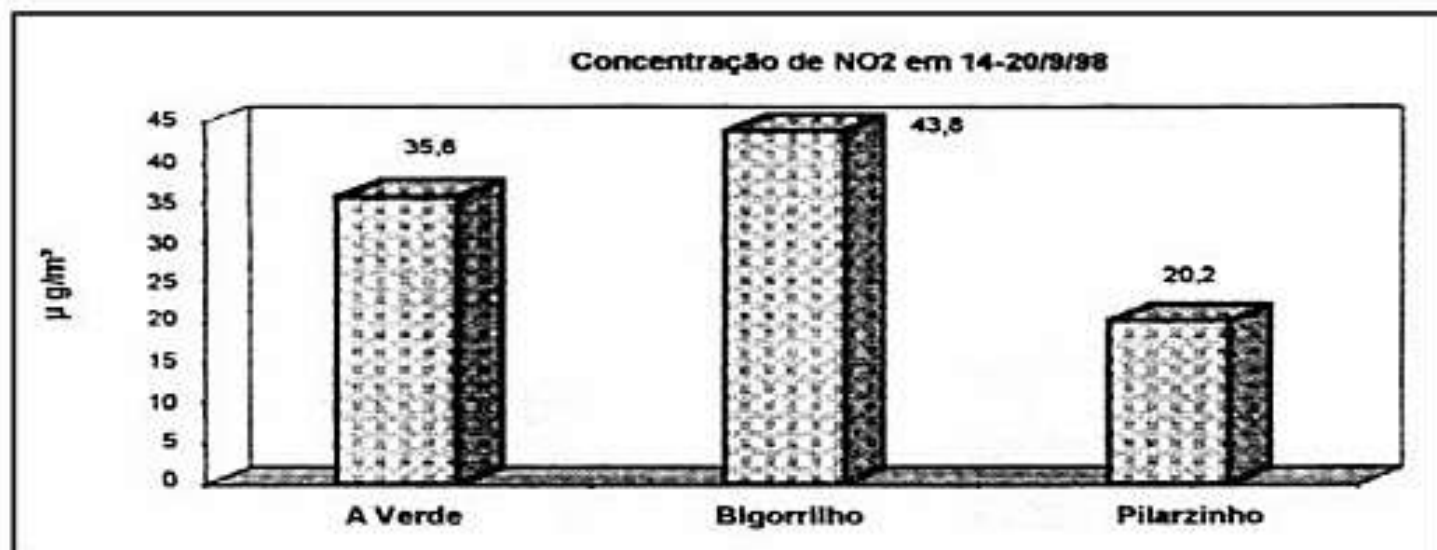
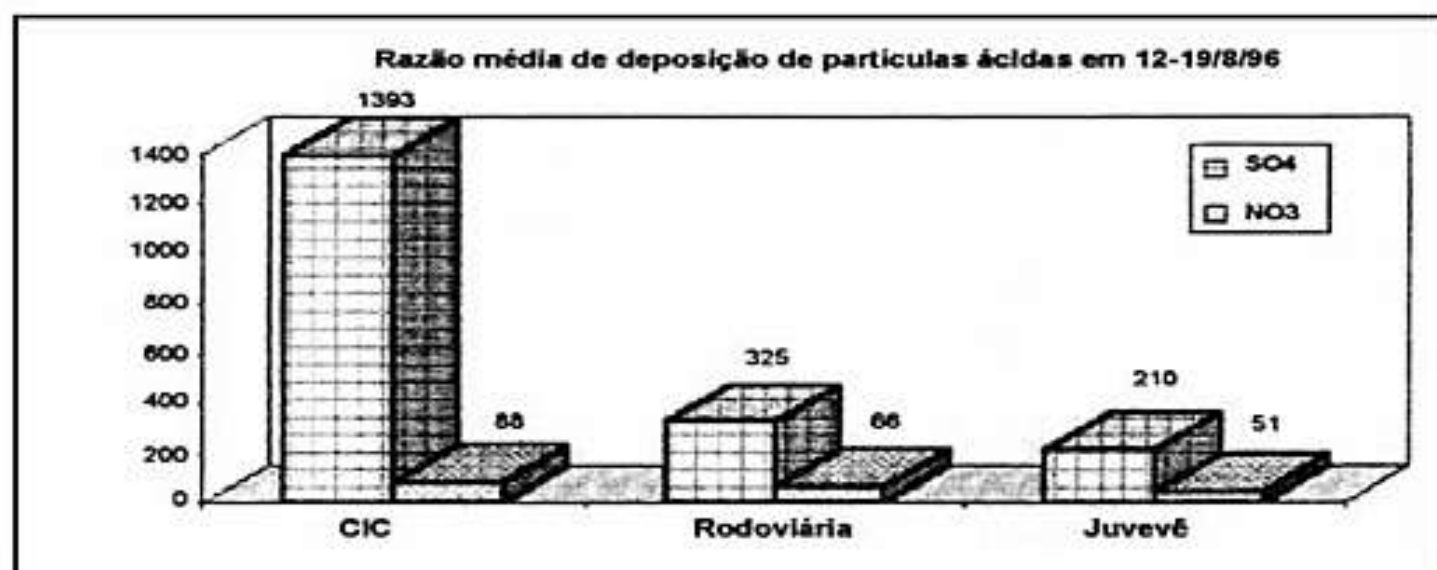
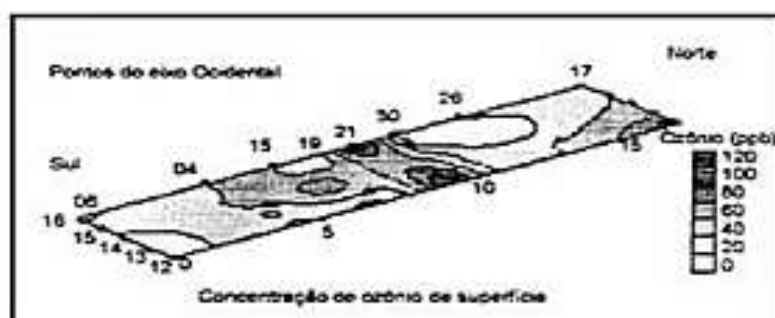
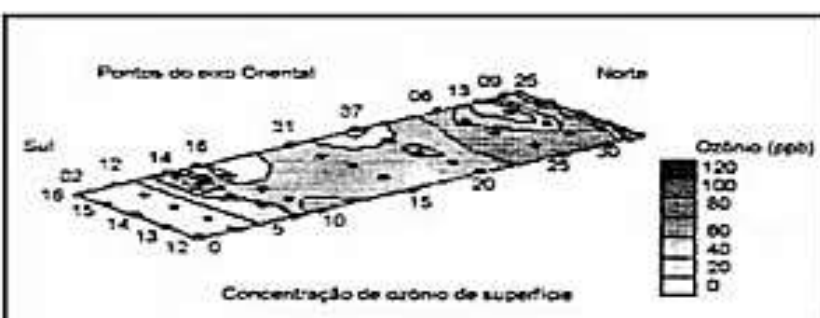
Figura 2**Exemplos das concentrações de material particulado nos sítios amostrais**

FIGURA 3**Exemplo da CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO****FIGURA 4****Exemplo de deposições ácidas****FIGURA 5****Exemplos da CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO**

Embora não se possa estabelecer um padrão espacial marcante do comportamento do ozônio nos pontos de amostragem, ficou claro que os localizados no Eixo Oriental da cidade registraram índices mais elevados. Apesar do pouco volume de informações, pode-se aventar a possibilidade desses valores estarem associados ao fato deste setor da cidade constituir-se em forte área de expansão urbana limítrofe com alguns dos municípios mais populosos da RMC (São José dos Pinhais, Colombo, Pinhais).

O comportamento individualizado dos sítios localizados nos Eixos Estruturais revelou cenários em que a ação dos ventos, em conformidade com as características morfoestruturais consideradas, interferiu na presença de contaminantes, ora como áreas concentradoras, ora como áreas receptoras. Relação similar foi encontrada por Ribeiro (1993, p. 153) que, estudando dez diferentes sítios na cidade de São Paulo, identificou os que se comportavam como áreas fonte de contaminação do ar, e aqueles denominados de áreas não-fonte onde o transporte dos contaminantes prevalecia.

O detalhamento dos três sítios eleitos neste estudo para confrontar a ação dos atributos urbanos dos referidos Eixos com os aspectos de dispersão dos poluentes permitiu identificar que:

- no sítio da Água Verde, caracterizado como gerador de contaminantes devido a existência de grande fluxo de veículos, a orientação das ruas e a posição das edificações mais densas e elevadas a sotavento dos ventos de W e SW (zona de cavidade das edificações) favoreceram a concentração dos contaminantes. Ao contrário, quando o aparelho posicionava-se a barlavento dos ventos de NE, houve tendência à dispersão dos contaminantes. Efeito similar foi encontrado no estudo desenvolvido em São Paulo, anteriormente mencionado, onde a impermeabilidade das quadras em relação aos ventos configurou-se como fator indutor de concentração dos contaminantes (op. cit., p. 321).

- o sítio do Juvevê parece constituir-se em área receptora de contaminantes.

A rua João Gualberto configura-se como corredor canalizador dos ventos favorecendo o aporte de contaminantes produzidos no Centro por ocasião dos ventos predominantes de SW; bem como aqueles produzidos pelas atividades mineradoras dos municípios da vizinhança setentrional do município de Curitiba, quando da ação dos ventos de NE.

- o sítio do Bigorrilho figurou relativamente como área concentradora de contaminantes, por ocasião da ação dos ventos de SW, situação em que a elevada topografia edificada local agiu como inibidora à dispersão dos poluentes, coletados em situação de sotavento. Já com relação à espécie NO_2 , este sítio comportou-se como aérea receptora quando da atuação preferencial dos ventos de NE, provenientes do Centro da cidade.

Assim, a forma-tipo adotada nos referidos Eixos atuou muito mais no sentido de concentrar e canalizar poluentes do que no sentido de promover a dispersão dos mesmos por efeito de *canyon* das edificações.

Desta forma, o adensamento por meio das edificações de grandes torres residenciais, um dos princípios básicos do Sistema de Eixos Trinários, da forma como se realiza, sem a manutenção de recuos entre os prédios de forma a garantir maior permeabilidade para a ação dos ventos, não favoreceu a dispersão dos poluentes, que é agravada pelo fato de induzirem a geração de contaminantes pelo aumento do fluxo de veículos.

Apesar da singeleza técnico-metodológica desenvolvida neste estudo e da precariedade de seu segmento temporal, os resultados aqui alcançados, em paralelo aos encontrados na bibliografia específica, chamaram a atenção para as estreitas relações existentes entre fluxo de veículos, ação transportadora do vento e sua interação com as edificações, com os aspectos espaciais de qualidade de ar da camada intraurbana da cidade de Curitiba, que não podem deixar de serem considerados na definição das áreas merecedoras de monitoramento mais detalhado.

A diversidade espacial do comportamento dos contaminantes na cidade e a dinâmica de transporte de poluentes entre ela e seus municípios vizinhos deixam claro a inadequação de utilizar-se uma única estação de monitoramento para qualificar o ar da cidade.

Do ponto de vista da qualidade ambiental, a questão do monitoramento da qualidade do ar de Curitiba, tão pouco conhecida apesar de positivamente apregoada por seus mais recentes administradores, deve ser considerada como uma de suas necessidades mais prementes, diante do porte espacial e populacional que a cidade e sua RM apresentam na atualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOND, Richard; STRAUB, Conrad and PROBER, Richard. *Handbook of environmental control*. Cleveland, Chemical Rubber Co Press, 1972, 576 p.
- BRANDÃO, Ana Maria M. P. "Algumas considerações sobre a qualidade do ar na Área Metropolitana do Rio de Janeiro na década de 1980". Maurício de ABREU (org.), *In: Natureza e sociedade no Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, Coleção Biblioteca Carioca – Divisão de Editoração da Prefeitura Municipal/RJ, 1992, 336 p.
- CHOAY, Françoise. *O urbanismo*. São Paulo; Perspectiva SA, 1997, 4. ed., 350 p.
- DANNI, Inês Moresco. *Aspectos temporoespaciais da temperatura e umidade relativa de Porto Alegre em janeiro de 1982. Contribuição ao estudo do clima urbano*. São Paulo, Universidade de São Paulo; FFLCH, dissertação de mestrado, 1987, 131 p.

- DANNI-OLIVEIRA, Inês M. "Considerações sobre a tendência das temperaturas de inverno e verão na cidade de Curitiba-PR". In: *Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica. Resumos...* Rio Claro. UNESP, 01 a 04 de dezembro de 1992, p. 42
- _____. "A distribuição e a variabilidade das chuvas em Curitiba". In: *VII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada e I Fórum Latino-americano de Geografia Física Aplicada. Anais....* Curitiba. Departamento de Geografia – UFPR, 11 a 15 de outubro de 1997, vol. II, CDrom.
- FIRKOWSKI, Olga L. C. de F. "Dinâmica populacional na Região Metropolitana de Curitiba". In: *O ambiente urbano latino-americano na virada do milênio*. Buenos Aires, Associação de Universidades do Grupo Montevidéo-UNESCO; Editora de La Univers. Nac. de La Plata, 1997, pp. 32-4.
- MONTEIRO, Carlos Augusto F. *Teoria e clima urbano*. São Paulo. Série Teses e Monografias; IGEOG-USP, 1976, n. 25, 181 p.
- _____. "Derivações antropogênicas dos geossistemas terrestres no Brasil e alterações climáticas: perspectivas urbanas e agrárias ao problema da elaboração de modelos de avaliação". In: *Anais do Simpósio sobre Comunidades Vegetais como Unidades Biológica, Faunística e Econômica*. São Paulo, Secretaria de Cultura, Ciência e Tecnologia – ACIESP. Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1978, n. 15, pp. 43-75.
- OKE, T. R. Air pollution in the boundary layer. In: *Boundary layer climates*. London, Mathuen & Co, 1978, Chap. 9, 371 p.
- OLIVEIRA, D. "Planejamento Urbano e Processo Decisório: o caso de Curitiba (1965-92)". In: *Boletim*, Depto de História-UFPR, n. 31, julho de 1994, Curitiba, pp. 55-63.
- PALMES, E. D.; GUNNISON, A. F.; DIMATTIO, J.; TOMCKZYK, C. "Personal sampler for nitrogen dioxide". In: *American Industrial Hygiene Association Journal*, october 1976, n. 37, pp. 570-7.
- PERRY, R.; YOUNG, R. "Analysis of particulate pollutants". In: *Handbook of air pollution analysis*. London, Halsted Press Book, 1977, 669 p.
- RIBEIRO, E. L. *Aspectos estruturais da forma urbana: suas influências na concentração de poluentes atmosféricos e nos impactos receptivos-alternativos de planejamento urbano para o caso de São Paulo*. São Paulo, Escola Politécnica-USP, 1993, tese de doutorado, inédita, 430 p.
- SANTOS, M. *Técnica, espaço, tempo. Globalização e meio técnico-científico informacional*. São Paulo, HUCITEC, 1994, 190 p.
- _____. "O espaço e seus elementos: questões de método". In: *Espaço & método*. São Paulo, Nobel, 1997, 4. ed., 88 p.
- SEGURA, D. S. B.; TELLA, M. A. "Poluição atmosférica: um quadro preocupante". In: *Poluição Atmosférica. Série Debates Sócio Ambientais*. CEDEC-Centro de Estudos de Cultura Contemporânea. São Paulo, out-jan 1995/96, ano 1, n. 2, 28 p.

O ESTUDO DO CLIMA URBANO NO BRASIL

Evolução, TENDÊNCIAS E ALGUNS desafios

Francisco Mendonça

A população mundial mudou sua característica de predominantemente rural para predominantemente urbana no final do século XX, momento no qual a maioria dos seres humanos passou a apresentar-se em maior concentração nas cidades. As aglomerações urbanas contêm pouco mais de 50% da população mundial e a relação população urbana/população rural é bastante diferenciada na superfície da Terra, sendo que em algumas localidades há predomínio de população no campo e em outras na cidade.

No caso brasileiro a passagem do estágio de população predominantemente rural para urbana aconteceu em meados da década de 1960, tendo o processo de urbanização apresentado considerável aceleração nas décadas seguintes e estando ligado, mais diretamente, ao êxodo rural e à migração urbano-urbano. Caracterizado como “urbanização corporativa”, o processo brasileiro gerou cidades com expressiva degradação das condições de vida e do ambiente urbano. A queda da qualidade da atmosfera urbana e os problemas humanos a ela correlatos apresentaram intensificação paulatina no momento mais atual.

A preocupação com as alterações introduzidas pelo processo de urbanização na qualidade do ar da cidade constituiu-se no principal alerta a despertar o interesse para a elaboração de estudos do mesmo. O início de tais estudos remonta ao período da Revolução Industrial na Inglaterra e, no caso brasileiro, acompanham o momento em que a população urbana suplantou a rural. Foi a partir da década de 1970 que os estudos do clima urbano passaram a ser desenvolvidos, de maneira mais amíúde, no Brasil.

Um considerável número de cidades de porte pequeno, médio e grande no Brasil foi alvo de investigação de seus ambientes atmosféricos urbanos a partir da década de 1960 (Monteiro, 1984), tendo se intensificado e se distribuído por quase todo o território nacional na década de 1990. Variados recursos técnicos têm caracterizado a prospecção da atmosfera das cidades no Brasil, país que conta com importante base teórico-metodológica para o estudo do clima urbano a partir da década de 1970, elaborada na perspectiva de contribuir para o planejamento da cidade.

Este texto aborda, de maneira sintética, a evolução dos estudos do clima urbano no Brasil nos últimos quarenta anos, partindo da contribuição de Monteiro (1984) – que retrata as duas primeiras décadas – e chegando até a atualidade. Ele ressalta a distribuição espacial dos estudos pelo território brasileiro, evidencia a diversidade dos subsistemas enfocados, das técnicas e procedimentos empregados no desenvolvimento dos estudos de caso, e destaca o emprego do sensoriamento remoto em tais estudos. Por fim, apresenta algumas perspectivas para os estudos de climas urbanos no futuro próximo.

CLIMA URBANO E MODERNIDADE

A cidade, materialização do processo de urbanização e cuja concepção pode ser expressa, genericamente, pela aglomeração de pessoas com suas construções e atividades num determinado local, é uma produção humana bastante antiga. Embora sua origem não apresente data claramente definida, sua estruturação, morfologia e funcionalidade variaram consideravelmente ao longo do tempo e em diferentes espaços, ainda que inúmeros estudiosos considerem a urbanização um produto da era moderna. A cidade da modernidade revela-se, isto é notório, como resultado material da superação das relações feudais pelas mercantis e capitalistas de produção no mundo ocidental.

O contexto social, político e econômico engendrado pelo Estado nacional burguês – Estado moderno – introduziu uma nova dinâmica às cidades, o que suplantou, na concepção de Lefebvre (1991), a substituição da cidade de todos pela cidade de alguns. Pontos nevrálgicos das relações capitalistas de produção, elas passaram a centralizar cada vez mais a produção, o consumo, a circulação, enfim, o poder, assumindo, por conseguinte, a característica de espaços onde predominam interesses privados e individuais em detrimento dos públicos e coletivos. Num tal contexto, o ambiente natural, paisagem intocada antes da intervenção humana, testemunha transformações tanto mais predatórias quanto mais interesse as relações de produção desperta.

Marcada por expressivos paradoxos, a modernidade registra tanto a intensificação da degradação da natureza quanto o despertar da consciência para a intervenção racional ou planejada na alteração/construção do ambiente urbano. Uma vez constatada a condição inexorável da urbanização da humanidade, o planejamento ou ordenamento do desenvolvimento dos espaços urbanos aparece como uma necessidade de primeira ordem e, para tanto, todos os elementos componentes do meio biótico, abiótico e social deveriam ser levados em consideração.

Todavia, a história destes cerca de dois séculos de urbanização atrelada à industrialização revela que, se em algumas localidades vários elementos de ordem tanto natural quanto social tem sido observados no processo de planejamento urbano, na grande maioria deles o enfoque volta-se quase que exclusivamente aos interesses econômicos. Este procedimento moderno gera ambientes urbanos altamente nocivos – o ambiente atmosférico urbano constitui somente parte deles – à maioria dos habitantes das cidades no que concerne ao aparecimento de problemas relacionados às funções vitais e psicossociais dos cidadãos, principalmente naqueles países caracterizados por um contexto socioeconômico complexo.

A racionalidade moderna, através da qual o pensamento científico foi estruturado, reservou ao conhecimento da natureza e da sociedade caminhos bastante distintos e muitas vezes opostos. O conhecimento da atmosfera desenvolveu-se, por conseguinte e por muito tempo, sob uma perspectiva estática, matematizada e isolada de possíveis correlações com outros ramos do saber. O estudo da atmosfera urbana foi assim desenvolvido até meados dos anos 1960, ainda que a origem das preocupações com o ambiente atmosférico urbano remonte ao século XIX.

Foi, sem sombra de dúvidas, a partir do emprego da teoria de sistemas, da noção de dinâmica da atmosfera e das preocupações de alguns climatólogos com a interação estabelecida entre a atmosfera, o sítio (dimensão natural do ambiente urbano) e o fato urbano (materialidade humana), que o clima da cidade passou a ser focado de um ponto de vista mais holístico e numa dimensão evolutiva, originando os estudos de climas urbanos como se pode observar na atualidade.

A intensificação das preocupações com o ambiente urbano – particularmente com a degradação do mesmo – deriva, dentre outros, do incremento das cidades no que diz respeito ao seu crescimento e complexidade, fato aliado ao agravamento da queda da qualidade de vida urbana – de maneira mais evidente nas cidades grandes e áreas metropolitanas. Acompanhando estas preocupações, os climatólogos urbanos aprimoraram seus estudos e alçaram

a climatologia a uma interação direta com urbanistas, integrando o clima ao planejamento urbano através da abordagem do mesmo segundo três campos diferentes e intrinsecamente associados uns aos outros, como o exposto na Parte I desta obra, que são:

- Campo Termo-higrométrico, no qual são enfatizados os estudos de ilhas de calor e de frescor urbanas, do conforto/desconforto térmico, de inversões térmicas etc;
- Campo Físico-químico ou Dispersão, voltado à análise da dinâmica do ar na sua interação com a cidade, destacando a poluição do ar, as chuvas ácidas, a relação entre a estrutura urbana e os ventos etc; e
- Campo Hidrometeorológico, relacionado ao estudo das precipitações urbanas e seus impactos, tais como os processos de inundações nas cidades.

Os dois primeiros campos encontram-se bastante estudados e possuem uma vasta bibliografia internacional (Bornstein and Bornstein, 1991), pois que se manifestam com muita frequência nas grandes cidades dos países desenvolvidos; o terceiro campo, muito fortemente atrelado às características das cidades tropicais, encontra-se menos explorado (Mendonça, 1995).

Todavia, mesmo possuindo interessantes metodologias específicas para o estudo do clima urbano com vistas ao planejamento da cidade, as equipes encarregadas da elaboração de planos diretores de desenvolvimento urbano-regional ainda não atribuem a devida importância à abordagem das condições atmosféricas. De maneira geral o que se observa é o emprego de médias termo-higrométricas, de pluviosidade e de direção de ventos na análise climática subsidiária à referida empreitada. Falta, por outro lado, uma maior ousadia dos climatólogos, pois sua participação tem se restringido à elaboração de diagnósticos detalhados das condições atmosféricas urbanas, resultando em minucioso estudo que, em sua maioria, são finalizados com a constatação das características atmosféricas de uma determinada localidade e a pequena ou ausente proposição de intervenções urbanas na perspectiva da melhoria do ambiente urbano. A parte do processo de planejamento concernente ao levantamento de diretrizes e à implementação do planejamento tem ficado, genericamente, sob a responsabilidade de urbanistas com formação em outras áreas do conhecimento, quando lhe compete também a proposição de intervenção deliberada na produção do espaço urbano.

Tomado por muitos como sendo a solução racional para o equacionamento dos problemas ambientais urbanos, dentre eles a degradação da qualidade do ar, a atividade de planejamento tem, entretanto, sido bastante questionada na última década, dado que as condições de vida na cidade não apresentaram melhoria significativa. Assim, torna-se possível questionar:

- Tratar-se-ia somente de um problema de planejamento urbano, ou a cidade dos países desenvolvidos apresenta uma complexidade maior?
- Ou será que as caóticas e/ou gigantescas cidades modernas que atraem cada vez mais imigrantes tornaram-se impraticáveis para qualquer política de planejamento?
- Apresentaria o estudo do clima urbano, em tais condições, possibilidades reais de conter a deterioração da atmosfera urbana?

Questões como estas, longe de ser aqui esgotadas, apontam para o necessário aprofundamento das reflexões acerca da climatologia urbana e de sua contribuição ao planejamento da cidade e às condições de vida urbana.

O ESTUDO DO CLIMA URBANO NO BRASIL

No Brasil, país cujo processo de urbanização se deu de maneira muito rápida, desigual, bem como destituído de perspectivas de planejamento, o desenvolvimento das cidades resultou na formação de espaços eivados de consideráveis disparidades socioeconômicas e de elevada degradação socioambiental; nestes, a deterioração da atmosfera é, de maneira geral, apenas mais um testemunho da relação predatória entre a sociedade e a natureza.

Atingindo cerca de 85% da população brasileira na década de 1990, a taxa de urbanização revelou uma passagem muito rápida de população predominantemente rural para população urbana, e engendrou um processo muito veloz de metropolização, evidenciado com mais nitidez a partir de final da década de 1960, ao que Santos (1991) muito perspicazmente nominou “urbanização corporativa”. As metrópoles brasileiras têm reforçado, paulatinamente, seu papel polarizador regional, nacional e mesmo internacionalmente, além de se constituírem em áreas com expressivo peso na concentração populacional do país. Motta e Ajara (2001; 15) consideram que “as 49 aglomerações urbanas abrigam um total de 74.351.358 habitantes, concentrando 60,39% da população urbana e 47,32% da população total do país, cabendo destacar que as aglomerações em nível metropolitano concentram 23.908.425 habitantes, correspondendo a 43,78% da população urbana e 34,31% da população total do país”.

O processo de urbanização revelou características singulares no caso brasileiro, onde uma rede de cidades pequenas, médias, grandes e gigantescas foi rapidamente estabelecida, tendo o papel das cidades de porte médio se realçado muitíssimo na última década, engendrando, inclusive, o conceito de desmetropolização (1991).

O desenvolvimento da industrialização brasileira a partir da década de 1950 – com grande ênfase no setor automobilístico num primeiro momento, e diversificado num segundo – aliado diretamente ao capital internacional, produziu disparidades gritantes nas condições sociais, econômicas e políticas nas cidades. As relações de produção, voltadas quase que exclusivamente à reprodução econômica, desconsideraram a necessidade do planejamento de caráter social e criaram, por conseguinte, uma “urbanização corporativa”, resultando em ambientes urbanos caóticos tanto no Brasil quanto nos demais países nos quais a produção do espaço seguiu dinâmica parecida.

Dos três campos de estudo do clima urbano preconizados por Monteiro (1976) – constituintes do que ele chama SCU (Sistema Clima Urbano) – o termodinâmico é aquele sobre o qual a maioria dos estudos foi realizada; evidencia-se, neste particular, a similaridade com os países desenvolvidos, nos quais também se observa maior preocupação com as condições térmicas e higrométricas da cidade. Se naqueles, os estudos têm relevado a importância da formação de ilhas de calor noturnas (madrugada) na situação de inverno, fenômeno benéfico à redução de temperaturas do ar muito baixas e consequente melhoria da sensação de conforto térmico – nestes voltam-se à redução das temperaturas muito elevadas, pois que os altos índices de calor urbano, vespertino e noturno nas cidades tropicais, geram considerável desconforto térmico e agravamento de inúmeras moléstias. Assim, para as áreas urbanas de baixas latitudes, as ilhas de frescor têm importância significativa, enquanto para aquelas das latitudes médias e altas, é a ilha de calor de inverno que parece trazer mais benefícios para a sociedade.

Nos países desenvolvidos, os estudos relacionados ao campo físico-químico ou dispersão seguem de perto aqueles relativos ao campo termo-dinâmico, não ocorrendo o mesmo nos não desenvolvidos, uma vez que nestes o processo de industrialização tardia (Santos, 1993) deu origem à concentração espacial da indústria em regiões e cidades, ou seja, ela se distribui de forma muito irregular. Estando a poluição da atmosfera urbana aliada muito diretamente à industrialização, compreende-se, então, o pequeno número de estudos de caso elaborado sobre este campo no Brasil, pois a desconcentração espacial da indústria no país configura-se num um processo muito recente, haja visto o fato de que até a década de noventa somente três áreas metropolitanas respondiam por uma representativa concentração deste ramo no país: São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte. Um outro fato, também de grande importância para a compreensão do pequeno número de estudos de caso de poluição atmosférica nas cidades brasileiras, diz respeito ao custo elevado dos equipamentos empregados neste tipo de estudo, além de que se trata, em geral, de equipamento importado.

A preocupação com a queda da qualidade ambiental das grandes cidades brasileiras, fato que se tornou mais evidente a partir da década de 1960, foi o principal fator a impulsionar o surgimento dos estudos relacionados ao clima urbano no Brasil. Foi, entretanto, a partir da década de 1970, que a pesquisa em climatologia urbana registrou os primeiros estudos de caso; daquela fase inicial para os dias atuais se observa um grande avanço, o que se pode constatar a partir de um levantamento aproximado das cidades que foram alvo de estudos de seu ambiente atmosférico no país. A maioria delas está localizada na porção centro-sul (Tabela 1), pois é nesta porção do território brasileiro que também se localiza a maior densidade da urbanização e as maiores áreas urbanas; é nela que também habita a maior parte da população brasileira.

Tabela 1
Populações de algumas metrópoles brasileiras (1970-1996)

Categoria da metrópole	Metrópole	População 1970	População 1996
Metrópole Global	São Paulo	5.924.612	9.839.436
	Rio de Janeiro	4.251.918	5.551.538
Metrópole Nacional	Salvador	1.007.195	2.211.539
	Belo Horizonte	1.235.030	2.091.448
	Fortaleza	857.980	1.965.513
	Brasília	537.982	1.821.946
	Curitiba	609.026	1.476.253
	Recife	1.060.701	1.346.045
	Porto Alegre	885.545	1.288.879
Metrópole Regional	Manaus	311.622	1.157.357
	Belém	633.374	1.144.312
	Goiânia	380.773	1.004.098
	Campinas	—	908.906
Total		17.695.758	31.807.270

Fonte: IBGE, 1996; Moura e Araja, 2001.

A cidade de São Paulo aparece como sendo aquela sobre a qual os estudos do clima urbano dedicaram-se de maneira mais expressiva, seja por se caracterizar como a maior aglomeração urbana do Brasil, seja por se configurar num dos mais degradados ambientes urbanos da nação; alia-se também a estes fatos a maior concentração de instituições de ensino e pesquisa voltadas a esta temática. A cidade do Rio de Janeiro, quase pelas mesmas características paulistanas, aparece em segundo lugar. Estas são seguidas pela cidade de Curitiba que, a despeito de sua imagem de “capital ecológica” e “modelo de planejamento” (Mendonça, 2001), atesta inúmeros problemas ligados à atmosfera urbana (notadamente inundações e poluição do ar, conforme Danni-Oliveira, 2000).

Inúmeras outras cidades de porte médio, e mesmo pequeno, aparecem como objetos de estudo de pesquisadores do clima urbano no Brasil (Tabela 2). Na grande maioria delas o enfoque principal do estudo volta-se ao campo termodinâmico, o que se justifica tanto pela baixa ou ausência de industrialização das mesmas – portanto menor contaminação do ar por poluição industrial – quanto pela condição de tropicalidade que, em muitos casos, produz situações de elevado desconforto térmico em momentos de intensificação do calor. O campo hidrometeorológico aparece como sendo também de importante interesse de estudos no caso das cidades médias e pequenas brasileiras. Porém é sobre as grandes cidades localizadas na porção litorânea do país que sua investigação tem sido mais acentuada. As populações destas cidades são vitimadas sazonalmente pelos excessos pluviométricos da estação de verão tropical associados a ocupações em áreas de risco.

Os estudos elaborados tendo o campo hidrometeorológico, ou inundações, como centro de análise têm evidenciado, de maneira muito clara, a incompatibilidade entre as estratégias e técnicas do planejamento urbano e a realidade urbana tropical, pois, na maioria das vezes, este segue a ótica da cidade temperada, cuja realidade climática é caracterizada por uma maior regularidade pluviométrica e nas quais as chuvas, exceto em episódios raros, não geram problemas. Assim, a dinâmica atmosférica das áreas de baixas latitudes explicita a necessidade da adequação do planejamento urbano-regional à sua realidade, fato que impõe o conhecimento detalhado do seu ritmo climático e o conseqüente abandono do uso de médias estatísticas do clima para o dimensionamento das obras de engenharia urbana; a continuar a realidade atual, o número de vitimados com as inundações urbanas tende a aumentar cada vez mais na cidade tropical.

TÉCNICAS EMPREGADAS NOS ESTUDOS DE CLIMA URBANO NO BRASIL

O estudo do ambiente atmosférico urbano no Brasil evidencia um desenvolvimento considerável, seja por possuir uma proposição teórica e metodológica de significativa originalidade, seja pela multiplicidade de experiências realizadas através de diferentes estudos de caso. As técnicas empregadas neste campo do conhecimento refletem tanto a manutenção de procedimentos tradicionais quanto avançados de pesquisa.

A utilização de dados meteorológicos oficiais (provenientes de postos e de estações da rede pública de observação) e o emprego de miniabrigos termométricos móveis, de pluviômetros, de anemômetros e de equipamentos para coleta de material particulado, distribuídos em rede e/ou transectos na zona urbana e/ou parte dela, caracterizam os procedimentos tradicionais para mensuração das características da atmosfera da cidade. Na Tabela 2 encontram-se apresentados alguns estudos de casos realizados nos últimos trinta anos no Brasil. De maneira geral observa-se que o levantamento de dados tem sido feito tanto em estações fixas quanto móveis distribuídas em pontos pré-estabelecidos das manchas urbanas. Muito pouco se avançou na utilização de equipamentos sofisticados nestes estudos no Brasil, sobretudo devido ao alto custo dos mesmos. Porém a partir da década de noventa o emprego de miniestações meteorológicas automáticas começa a ser empregado, além de sensores eletrônicos e imagens de satélites para aferição dos componentes da atmosfera da cidade. Também se observa uma maior acuidade na elaboração da cartografia de representação dos parâmetros levantados em campo, a partir do emprego de softwares diversificados, o que garante melhorias na qualidade estética e estatística na ilustração dos episódios estudados.

A maior parte dos estudos de clima urbano elaborada no Brasil tem se baseado em dois elementos definidores da atmosfera urbana que são, conforme a amostragem da Tabela 3, os seguintes: a variação hipsométrica e o uso do solo urbano. O primeiro elemento desperta a atenção dos climatólogos devido ao fato de que a variação térmica e barométrica se explicita claramente conforme a variação da altitude, sendo amplamente conhecido o gradiente negativo vertical de cerca de 6°C na troposfera. Ao uso do solo relaciona-se diretamente a variação do albedo, pois que o mesmo varia sensivelmente conforme a maior ou menor densificação e qualidade das superfícies mineralizadas urbanas. Também é bastante comum a utilização de dados meteorológicos de fontes oficiais, levantados a 1,5 m de altura, e em pontos distribuídos areolarmente dentro da

Tabela 2
Estudos de clima urbano no Brasil

Regiões	Cidades	Campos do clima urbano		
		Termo- dinâmico	Físico- químico	Hidro- meteórico
Sudeste	São Paulo/sp	08	07	10
	Campinas/sp	01		
	S. José dos Campos/sp	01		
	Pres. Prudente/sp	02		
	Rio Claro/sp	03		01
	Piracicaba/sp	01		
	Limeira/sp		01	
	Jales/sp	01		
	Penápolis/sp	01		
	Sorocaba/sp	01		
	Leme/sp	01		
	Rio de Janeiro/RJ	11	03	04
	Nova Friburgo/RJ			01
	Petrópolis/RJ			01
	Volta Redonda/RJ		01	
	Bangu/RJ	02		
	Belo Horizonte/MG	03		
	Uberlândia/MG	04	01	03
	Juiz de Fora/MG		01	03
Sul	Porto Alegre/RS	03		
	Santa Maria/RS	01		
	Santa Cruz do Sul/RS		01	
	Florianópolis/sc	02		01
	Blumenau/sc	01		
	Rio Negrinho/sc			01
	Curitiba/PR	02	01	03
	Londrina/PR	01	03	
	Francisco Beltrão/PR			02
	Maringá/PR	02		

Nordeste	Salvador/BA	03		01
	Vitória da Conquista/BA			01
	Patos/PB	02		
	Campina Grande/BA	02		
	Paraibuna/BA	03		
	São Luís/BA		01	
	Fortaleza/BA	05		01
	Terezinha/PI	01		
Centro-Oeste	Brasília/DF			01
	Goiânia/GO	02		01
	Rondonópolis/MT	01		01
	Cuiabá/MT	01		
	Tangará da Serra/MT	01		
	Barra do Bugres/MT	01		
	Campos Grande/MS	01		
Norte	Belém/PA	03		03
	Marabá/PA	01		
	Macapá/AP			01
Totais		77	20	40

Fontes: MENDONÇA, 1995; SBCG, Anais 1992, 1996, 1998, 2000; Levantamento aproximado do autor.

cidade em momentos diferentes ao longo do dia, a maioria obedecendo aos horários estabelecidos internacionalmente pela OMM.

A quantidade de pontos estabelecidos para o levantamento de dados da atmosfera urbana varia de estudo para estudo. Observa-se a existência de trabalhos que se serviram de dados de somente dois pontos de observação, quanto outros chegam a um total de 45. Os primeiros, de maneira geral, procuram identificar diferenças entre a atmosfera urbana e a atmosfera rural e assim, com tão poucos dados de amostragem, revestem-se de uma característica de iniciação à pesquisa do clima urbano. As pesquisas que envolvem um número mais representativo de pontos de levantamento de dados – os segundos – procuram desenvolver uma análise mais detalhada das características do ambiente atmosférico urbano e buscam, é possível observar, atenuar as consideráveis generalizações decorrentes das isolinhas.

Poucas e recentes pesquisas empregaram a análise da cobertura do horizonte como elemento de análise do clima urbano, cuja técnica para mensuração denomina-se *Sky View Factor*. Esta técnica permite evidenciar o papel do sombreamento dos edifícios dentro da cidade, e produz resultados que interessam sobremaneira ao conhecimento da obstrução do horizonte nos *canyons* urbanos. Os trabalhos de Brandão (1996), Collishon (1998) e Assis (2000) exemplificam de maneira bastante didática o emprego desta técnica.

Aferir a sensibilidade do cidadão às condições atmosféricas urbanas é um desafio que desperta o interesse dos climatólogos urbanos, mas que encontra-se ainda muito pouco explorado. Esta realidade parece evidenciar o fato de que os estudos do clima da cidade internalizam, em sua maioria, a concepção da supremacia da ciência sobre o senso comum, como se aos pesquisadores parecesse não haver interesse pelas sensações experimentadas pelos homens ante às condições atmosféricas da cidade. Poucos trabalhos a incluir a percepção do ambiente, particularmente a percepção dos moradores sobre as inundações no bairro do Cambuci em São Paulo e do calor em Teresina/PI, foram aqueles elaborados por Paschoal (1981) e Andrade (2000), respectivamente.

Além destes métodos e técnicas acima comentados, os estudos de clima urbano demandam outras possibilidades de sua mensuração e aferição; o momento presente impõe, indubitavelmente, um contínuo apelo à criatividade e ousadia. As condições ambientais da cidade do presente têm desafiado seus estudiosos quanto à busca de soluções imediatas para os graves problemas ali evidenciados, e a criatividade tem que, guardando as devidas perspectivas de lógica e seriedade, produzir o conhecimento e a intervenção sob novas iniciativas. É neste sentido que a abertura às novas formas de abordagem da atmosfera urbana tem que garantir o emprego de novas e revolucionárias técnicas e métodos.

Aplicação do SENSORIAMENTO REMOTO AO ESTUDO do CLIMA URBANO NO BRASIL

Na maioria dos estudos do clima da cidade (Monteiro, 1984; Tavares et al., 1995; Bornstein and Imamura Bornstein, 1995; Mendonça, 1995), os dados levantados de forma pontual permitem elaborar cartas de isolinhas, a partir das quais torna-se possível representar, aproximadamente, a realidade, e, segundo a densidade da distribuição dos pontos de observação, se produzir uma considerável generalização. É precisamente em relação a este aspecto que o emprego das imagens de satélite contribuem de maneira significativa ao estudo

Tabela 3**TÉCNICAS EMPREGADAS EM ALGUNS ESTUDOS DE CLIMA URBANO NO BRASIL (1972 – 2000)**

Técnicas	Cartografia					Dados						Periodicidade			
Autores	H	D	OV	V	US	E/P	1,5	ST	P	M	T	DI	SA	DE	SE
Gallego, 1972	X					X				X		X			
Tarifa, 1977	X		X		X	X	X		2	X		X			
Sartori, 1979	X			X	X	X	X		3	X		X			
Fonzar, 1981	X				X	X	X		9	X		X			
Sampaio, 1981	X				X	X	X		11	X		X			
Lombardo, 1985	X			X	X	X	X	X	45	X	X	X	X		
Dani, 1987	X	X			X	X	X		32	X		X			
Brandão, 1987					X	X			16	X			X	X	X
Monteiro e Sezerino, 1991	X				X	X	X		10		X	X	X		
									20	X					
Gonçalves, 1992	X	X			X	X								X	X
Mendonça, 1995	X	X	X	X	X	X	X	X	16	X	X	X	X		
Sette, 1996	X				X	X	X		21	X		X			
Brandão, 1996	X				X	X	X		34	X	X	X	X	X	X
Collishon, 1998	X	X	X	X	X	X	X	X	05	X		X	X		
Danni-Oliveira, 2000	X				X	X	X			X	X	X			
Assis, 2000					X		X		2			X			

Cartografia: **H** (hipsometria), **D** (declividade), **OV** (orientação vertentes), **V** (ventos), **US** (uso do solo).

Dados: **E/P** (estações e postos meteorológicos), **1,5** (levantamentos em estações móveis a 1,5m do solo), **ST** (imagens de satélites), **P** (número de pontos de levantamentos em estações móveis), **M** (pontos distribuídos em malha), **T** (transecto ou perfil sobre a cidade).

Periodicidade (dos dados utilizados): **DI** (diária), **SA** (sazonal), **DE** (decenal), **SE** (secular).

Fonte: Monteiro, 1984 e Mendonça, 1995 e Levantamento aproximado do autor.

mais detalhado do clima urbano, pois conduz à elaboração de documentos que mostram a distribuição espacial e a grandeza de alguns de seus elementos. Uma vez correlacionadas aos dados levantados de maneira tradicional, estes documentos tornam possível um conhecimento mais detalhado do fluxo de energia do ambiente urbano.

Para o estudo do campo térmico das cidades pode-se utilizar imagens de satélite de baixa e de alta resolução. As imagens NOAA-AVHRR (canais 4 e 5, infravermelho térmico – resolução espacial de 1,1 km; resolução térmica 0,12°C) permitem individualizar as zonas urbanas no contexto regional, ou estudar a configuração térmica do espaço urbano de grandes cidades. As imagens Landsat TM (canal 6 – infravermelho térmico; resolução espacial de 120 m) podem ser utilizadas, por exemplo, no estudo da variação térmica infravermelha intraurbana através da termografia da superfície urbana. O emprego das imagens Landsat e Spot, por exemplo, no estudo das cidades pode ser considerado satisfatório para a identificação e análise do uso e ocupação do solo, da distribuição das construções, da biodiversidade, da morfologia, da funcionalidade, da poluição etc.

No estudo do ambiente atmosférico urbano, entretanto, a utilização do sensoriamento remoto não obteve grande sucesso até o presente, pois a desconfiança que persiste nos dados extraídos do canal 6, por exemplo, limitou sua aplicação.

Poucos estudos do clima urbano no Brasil empregaram imagens de satélites como técnica auxiliar no exame da atmosfera da cidade até o presente. Dos poucos exemplos, três se destacam: São Paulo, Londrina e Porto Alegre.

Lombardo (1985) elaborou, num trabalho pioneiro no início dos anos oitenta, um estudo da formação da ilha de calor da cidade de São Paulo utilizando-se de imagens do satélite NOAA para o tratamento das condições térmicas e de imagens do satélite Landsat para a identificação do uso do solo. A análise da termografia da superfície urbana paulistana permaneceu bastante genérica naquele estudo, pois que a resolução espacial das imagens NOAA não permite o detalhamento necessário que o estudo da geografia intraurbana demanda. As imagens Landsat permitiram, todavia, bons resultados na identificação pormenorizada dos atributos do fato urbano estudado.

Mendonça (1995), cerca de dez anos após o estudo de Lombardo, utilizou uma imagem Landsat TM para elaborar tanto uma tipologia de paisagens intraurbanas da cidade de Londrina quanto para auxiliar na análise da formação do campo térmico urbano daquela cidade no verão de 1993. No caso de Londrina, dado principalmente a diferenças de ordem escalar entre ela (cidade média) e a cidade de São Paulo (metrópole), o emprego de imagens de melhor resolução se fez imperativo. A classificação detalhada da imagem

aplicando-se a ACP (Análise de Componentes Principais) associada à Homogeneização de Classes e ao Cálculo de Áreas possibilitou a obtenção de resultados da classificação das paisagens intraurbanas muito próximos àqueles obtidos com o emprego de fotografias aéreas de alta resolução.

No estudo de Londrina, a análise da termografia de superfície foi realizada em duas escalas diferentes. Para o âmbito regional empregou-se uma imagem NOAA-AVHRR a partir da qual se pôde individualizar as manchas urbanas e a magnitude de seus campos térmicos que se destacaram claramente dentro da paisagem da região. Para a dimensão intraurbana, empregou-se o canal 6 do Landsat TM tanto através de uma Composição Colorida (canais 6, 5, 1), quanto do cálculo e espacialização das temperaturas da superfície da área urbana e rural contígua à cidade (somente canal 6). A comparação dos dados levantados a 1,5 m (termo-higrômetros) e das temperaturas do solo a 5 cm (geotermômetros) com aqueles que foram identificados sobre a imagem, segundo o tratamento indicado por Bariou et al. (1993), permitiram identificar a importante contribuição desta técnica no estudo do clima urbano.

Mais recentemente, Collishon (1998) realizou estudos sobre o campo térmico da RMPA – Região Metropolitana de Porto Alegre, no qual empregou imagens do satélite Landsat TM, particularmente o canal 6 para identificar a termografia regional. A partir das indicações de Bariou et al. (1993), e também do estudo realizado por Kim (1992), foi possível avançar no detalhamento dos aspectos relativos ao cálculo das temperaturas de superfície. Neste trabalho a autora enriquece de maneira considerável os estudos relativos ao ambiente atmosférico das cidades ao aplicar, de maneira cuidadosa, o geoprocessamento como ferramenta para a elaboração de sua pesquisa. Ela faz e apresenta, também com esmero didático, o emprego do software IDRISI e suas possibilidades enquanto ferramenta auxiliar no estudo do ambiente urbano. Os resultados obtidos sobre o estudo da capital do Rio Grande do Sul tornam ainda mais confiável a aplicação desta técnica ao estudo do clima urbano.

NOTAS CONCLUSIVAS

O momento presente configura-se numa fase em que a climatologia brasileira dispõe de uma original e sólida proposta teórico-metodológica para o estudo da atmosfera urbana em sua interação com a sociedade citadina, já testada em várias experiências sobre diferentes realidades em todo o país. Não obstante, a concentração de experiências na porção mais desenvolvida do

território brasileiro chama a atenção dos estudiosos para a elaboração de estudos sobre a porção central, norte e nordeste do Brasil, até porque é nestas áreas que se pode vislumbrar uma maior intensificação do processo de urbanização no presente e futuro próximo. É também nestas áreas que a industrialização tardia associada à “urbanização corporativa” registra seus mais intensos e injustos processos de exclusão social e degradação ambiental.

As técnicas para aferição do clima da cidade empregadas até o presente nos diferentes estudos de caso elaborados sobre várias cidades do país também atestam consideráveis avanços, mas observa-se a necessidade da criação e emprego de novas técnicas. As abordagens não devem perder de vista a perspectiva quantitativa e, sobretudo, melhorá-las, mas o aspecto qualitativo deve ser ressaltado. A percepção do cidadão de seu ambiente deve ser explorada pelos estudiosos do clima da cidade, o que lhes permitirá identificar elementos que estão na base da ética da relação sociedade-natureza na cidade e propor, de maneira mais aprofundada, intervenção consciente e participativa na produção do espaço urbano-regional.

Todavia, ainda que se considere a importância alcançada por este campo do conhecimento científico, muito há para se aprofundar nos detalhes e na investigação de algumas situações e aspectos particulares, tais como:

a) O impacto dos ventos fortes (tempestades) na estrutura urbana, fato consideravelmente corriqueiro nas cidades situadas nas zonas de altas pressões ou de subsidência do globo (subtrópicos – aproximadamente 30° de latitude norte e sul) e, no território brasileiro, particularmente as cidades localizadas nas regiões Sudeste e Sul.

b) As repercussões do clima na saúde física e psicossocial da população (climatologia médica e da saúde), tema que já foi de grande interesse no passado e que agora demanda novamente a atenção dos climatólogos, sobretudo quando se observa a reincidência de algumas epidemias como a dengue, a cólera, a meningite, a leptospirose e a malária, cada vez mais impactantes nos centros urbanos, isto sem falar nos problemas dos aparelhos respiratório e cardiovascular, que têm somente aumentado sua incidência nos grandes centros urbanos. A elevação dos registros de câncer de pele, de cataratas e outros problemas correlacionados ao efeito estufa/aquecimento global também desafiam os climatólogos do presente a atuarem na prognose da vida futura.

c) A interação entre a intensificação do efeito estufa planetário, do El Niño e do clima das cidades ainda precisa ser melhor analisada pelos climatólogos, ou seja, é necessária uma abordagem da interação das diversas escalas (espaciais e temporais) dos elementos e fenômenos climáticos – que parecem desenhar uma nova configuração no presente.

d) Parece necessário encontrar novas estratégias para uma efetiva sensibilização dos homens encarregados das tomadas de decisão nas esferas estatais individualmente, e também nas instituições de caráter supra e transnacional, para com a importância dos elementos e fenômenos climáticos e sua interação com a sociedade. A humanidade parece já ter ido longe demais negligenciando seus impactos sobre a natureza e os impactos desta sobre a sociedade. Os estudos climáticos, tanto em micro quanto em meso e macro escalas, já ofereceram elementos suficientemente confiáveis e incontestáveis para que os governantes dos países e do planeta possam, no que concerne à atmosfera, decidir sobre um futuro viável para a natureza e para a sociedade.

e) Ainda que seja considerada como altamente tecnificada, a sociedade atual não se encontra de todo neste estágio; a tecnologia e seus benefícios encontram-se igualmente concentrados em muito pequena parte da sociedade. As injustiças sociais desta disparidade se fazem acompanhar, para as mesmas populações, pelos mais graves impactos derivados das condições climáticas episódicas. O conhecimento do dinamismo do clima e de sua permanente previsão deve, tanto quanto os recursos econômicos e culturais, ser direito de todos os cidadãos e dever de todos os estados e sociedades organizadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, C. S. P. *Representações do calor em Teresina-PI*. Recife: UFPE, 2000. Dissertação de Mestrado.
- ASSIS, E. A. *Impactos da forma urbana na mudança climática: Método para a previsão do comportamento térmico e melhoria de desempenho do ambiente urbano*. São Paulo: FAU/USP, 2000, Tese de Doutorado.
- BARIOU, R.; LECAMUS, D.; LE HENAFF, F. *L'étalonnage des données*. Rennes: Centre Regional de Télédétection/UHB/Rennes 2, 1993 (Dossiers de Télédétection, n. 8).
- BRANDÃO, A. M. P. M. *Tendências e oscilações climáticas na área metropolitana do Rio de Janeiro*. São Paulo: FFLCH/USP, 1987. Dissertação de Mestrado. Inédito.
- _____. *O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro*. São Paulo: FFLCH/USP, 1996. Tese de Doutorado. Inédito.
- BORNSTEIN, R. D.; IMAMURA-BORNSTEIN, I. R. *Review of urban climate and dispersion*. U.S.Army: Atmospheric Sciences Laboratory, Fev. 1992.
- COLLISHON, E. *O campo térmico da Região Metropolitana de Porto Alegre: Análise a partir da interação entre as variáveis ambientais na definição do clima urbano*. Florianópolis/SC: UFSC, 1998. Dissertação de Mestrado. Inédito.
- DANI, I.M. *Aspectos temporoespaciais da temperatura e umidade relativa em Porto Alegre em janeiro de 1982: contribuição ao estudo do clima urbano*. São Paulo: FFLCH/USP, 1987. Dissertação de Mestrado. Inédito.
- DANNI-OLIVEIRA, I. M. *A cidade de Curitiba e a poluição do ar: Implicações de seus atributos urbanos e geoecológicos na dispersão de poluentes em período de inverno*. São Paulo: FFLCH/USP, 2000. Tese de Doutorado. Inédito.

- FONZAR, B. C. *O processo de ocupação regional, o modelo urbano e o conforto térmico na Alta-Sorocabana: Um teste aplicado a Presidente Prudente/SP*. São Paulo: FFLCH/USP, 1981. Dissertação de Mestrado. Inédito.
- GALLEGO, L. P. *Tipos de tempo e poluição atmosférica no Rio de Janeiro: Um ensaio em climatologia urbana*. São Paulo: FFLCH/USP, 1972. Tese de Doutorado. Inédito.
- GONÇALVES, N. M. S. *Impactos pluviiais e desorganização do espaço urbano em Salvador/BA*. São Paulo: FFLCH/USP, 1992. Tese de Doutorado. Inédito.
- KIM, H. H. "Urban heat island". *International Journal of Remote Sensing*, v.13, n. 12, p. 2319-2336, 1992.
- LEFEBVRE, H. *O direito à cidade*. São Paulo: Editora Moraes, 1991.
- LOMBARDO, M. A. *A ilha de calor nas metrópoles: O caso de São Paulo*. São Paulo: Hucitec, 1989.
- MENDONÇA, F. A. *O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno: Proposição metodológica e sua aplicação à cidade de Londrina/PR*. São Paulo: USP, 1995. Tese de Doutorado.
- _____. "O clima no planejamento da cidade: Um desafio aos urbanistas na defesa da qualidade ambiental". In: *Simposio Brasileiro de Climatologia Geográfica*, 2. Resumos e CD-Rom (texto expandido), Salvador/BA: UFBA, 1998.
- _____. "Abordagem interdisciplinar da problemática ambiental urbana-metropolitana: Esboço Metodológico da Experiência do Doutorado em MA&D da UFPR sobre a RMC – Região Metropolitana de Curitiba". *Revista de Desenvolvimento e meio ambiente*, n. 3, 75-95, 2001, Editora da UFPR.
- MONTEIRO, C. A. F. *Teoria e clima urbano*. São Paulo: IGEO/USP, 1976.
- _____. "The study of urban climates in tropical South America – The brazilian contribution", WMO – *Technical conference on urban climatology and its applications with special regard to tropical áreas*, México/DF, 26-30 novembro 1984.
- MONTEIRO, C. A. F. e SEZERINO, M. L. "O campo térmico na cidade de Florianópolis: primeiros experimentos". *GeoSul*, v. 5, n. 9, pp. 20-60, 1990.
- MOTTA, D. M. e AJARA, C. "Configuração da rede urbana no Brasil". *Revista Paranaense Desenvolvimento*, Curitiba n. 100, pp. 7-25, jan/jun. 2001.
- OKE, T. *Boundary layer climate*. London: Methuen & Co., 1978.
- PASCHOAL, W. *As inundações no Cambuci, bairro de São Paulo*. São Paulo: FFLCH, 1981, Dissertação de Mestrado. Inédito.
- SAMPAIO, A. H. L. *Correlação entre uso do solo e ilhas de calor no ambiente urbano: o caso de Salvador*. São Paulo: FFLCH/USP, 1981. Dissertação de Mestrado. Inédito.
- SARTORI, M. G. B. *O clima de Santa Maria, RS: Do regional ao urbano*. São Paulo: FFLCH/USP, 1979. Dissertação de Mestrado.
- SBCG – Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica. 1992, 1996, 1998 e 2000. *Anais e Cadernos de Resumos*. Rio Claro/SP, Presidente Prudente/SP, Salvador/BA e Rio de Janeiro/RJ.
- SETTE, D. M. *O clima urbano de Rondonópolis/MT*. São Paulo: FFLCH/USP, 1996. Dissertação de Mestrado. Inédito.
- TARIFA, J. R. "Análise comparativa da temperatura e umidade na área urbana e rural de São José dos Campos (SP), Brasil". *Geografia*. Rio Claro, v. 2, n. 4, pp. 59-60, 1977.
- TAVARES, A. C. et al. "Interações entre ilhas de calor em cidades médias tropicais, tipos de tempo no inverno e saúde dos cidadãos". *Geografia*, Rio Claro, Vol. 20, n. 2, p. 573-100, outubro de 1995.
- THERRY, H. *Le Brésil*. Paris: Armand Colin, 2000.

